



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
Aianduse õppetool

Pille Muru

**ÕUNASORTIDE VÕRDLEV HINDAMINE SIIDRI
VALMISTAMISE EESMÄRGIL**

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF APPLE CULTIVARS FOR
CIDER PRODUCTION**

Magistritöö
Aianduse õppekava

Juhendajad: teadur Reelika Rätsep, *PhD*

spetsialist Kristine Tiirats, *MSc*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Pille Muru		Õppekava: Aiandus	
Pealkiri: Õunasortide võrdlev hindamine siidri valmistamise eesmärgil			
Lehekülgi: 47	Jooniseid: 16	Tabeleid: 1	Lisasid: 1
<p>Õppetool/osakond: Aianduse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC-i kood: Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused, B390 Juhendajad: Reelika Rätsep (<i>PhD</i>), Kristine Tiirats (<i>MSc</i>) Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2021</p>			
<p>Õunad on Eestis ühed populaarsemad puuviljad, mida tarbitakse nii värskelt kui kasutatakse toorainena kuivatamiseks, mooside ja kompottide aga ka mahlade ja kääritatud jookide (siider, vein) valmistamiseks. Kvaliteetse siidri tootmine on muutunud aina populaarsemaks, mistõttu on suurenenud ka siidritootjate huvi siidri valmistamiseks sobivate õunasortide vastu, et saavutada oma toodete isikupärane maitse ja joogipartiide ühtlane kvaliteet.</p> <p>Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli hinnata õunasortide sobivust siidri valmistamiseks sõltuvalt sordist, kasvuaastast ja õuna biokeemilisest koostisest.</p> <p>Püstitati hüpotees, et sordi mõju õuna biokeemilisele koostisele on olulisem kui kasvuaasta mõju.</p> <p>Katse käigus analüüsiti Eesti Maaülikooli Polli aiandusuuringute keskuse katseaedadest kogutud 11 erineva õunasordi (4 väikeseviljalise sordi - `Hyslop`, `Kerr`, `Quercher Beauty`, `Ritika`; 3 sügissordi - `Krista`, `Nitschneri maasikõun`, `Sügisjoonik`; 4 talisordi - `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti`, `Talvenauding`) viljade biokeemilist koostist nelja erineva kasvu-aasta (2017-2020) lõikes. Biokeemiliste analüüside tulemuste põhjal uuriti õunasordi ja kasvuaasta mõju olulisust õunte biokeemilisele koostisele.</p> <p>Käesoleva magistritöö tulemused kinnitasid, et sordi mõju õuna biokeemilisele koostisele on olulisem kui kasvuaasta mõju. Õunasordi mõju mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete sisaldusele ning kuivaine ja hapete suhtarvule oli usutavam kui kasvuaasta mõju. Kasvuaasta mõju õuna pH väärtusele oli usutavam kui sordi mõju. Tanniinide sisaldusele avaldas kõige usutavamalt mõju sordi ja kasvuaasta koosmõju. Magistritöö hüpotees sai osaliselt kinnitatud.</p>			

Uurimistöö tulemused näitasid, et katses analüüsitud õunasortidest sobivad n-ö ühe-õunasordi siidri valmistamiseks sügissort `Nitschneri maasikõun`, talisordid `Karksi renett` ja `Talvenauding` ning väikeseviljalised sordid `Hyslop` ja `Kerr`. Ülejäänud katses analüüsitud õunasorte saab kasutada segus teiste sortidega, et valmistada kvaliteetse siidri tootmiseks sobiva biokeemilise koostisega mahlasegusid.

Märksõnad: õuna biokeemiline koostis, õunasordid, siidriõunad, sordi mõju, ilmastiku mõju, fenoolsed ühendid, orgaanilised happed, mahlas lahustunud kuivaine

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Pille Muru		Specialty: Horticulture	
Title: Comparative assessment of apple cultivars for cider production			
Pages: 47	Figures: 16	Tables: 1	Appendixes: 1
Department: Chair of Horticulture Field of research and CERCS-code: Phytotechny, horticulture, crop protection, phyto-pathology, B390 Supervisors: Reelika Rätsep (<i>PhD</i>), Kristine Tiirats (<i>MSc</i>) Place and date: Tartu, 2021			
<p>Apples, consumed both fresh and processed, are one of the most popular fruits in Estonia. Apples are used as ingredients for drying, jams and compote, but also to produce juice and fermented drinks (cider, wine). Nowadays, as the production of high-quality cider keeps getting more popular, the cider producers have begun to take interest in apple cultivars to produce drinks with unique flavour and uniform quality.</p> <p>The objective of this thesis was to evaluate the suitability of apple cultivars for cider production, based on their growth year, cultivar and the apple's biochemical composition.</p> <p>A hypothesis was put forward that the apple cultivar has a greater impact on apple's biochemical composition, than the growth year.</p> <p>During the study, the biochemical composition of 11 different apple cultivars (4 crab apple cultivars - `Hyslop`, `Kerr`, `Quercher Beauty`, `Ritika`; 3 autumn cultivars - `Krista`, `Nitschneri maasikõun`, `Sügisjoonik`; 4 winter cultivars - `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti`, `Talvenauding`) in four different growth years (2017-2020) were analysed. Based on the results of biochemical analysis, the significance of the effects of apple cultivar and growth year on the biochemical composition of apples was examined.</p> <p>Apple cultivar had significant effect on the biochemical composition of the apple when compared to growth year. Specifically, cultivars` effect to soluble solids and organic acids in apple juice, as well as the ratio of soluble solids to acids was more significant than the effect of the growth year. Growth year had a more significant effect on the apple's pH value. The combined effect of cultivar and growth year was most significant on content of condensed tannins. The hypothesis was partially proved.</p> <p>From the results of this study, it can be concluded that out of all analysed apple varieties</p>			

autumn cultivar `Nitschneri maasikõun`, winter cultivars `Karksi renett` and `Talvenauding` and crab apple cultivars `Hyslop` and `Kerr` are best suited for the production of single cultivar cider. The rest could be used in the mixtures with other cultivars to produce blends with a sui-table biochemical composition for high-quality cider.

Keywords: apple biochemical composition, apple cultivars, cider apples, effect of cultivar, effect of weather, phenolic compounds, organic acids, soluble solids

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	9
1.1. Õunakasvatusest üldiselt, olukord ja kasvupinnad mujal maailmas ja Eestis	9
1.2. Õunakasvatuse eesmärgid.....	10
1.3. Kliima ja ilmastiku mõju õunakasvatusele	11
1.4. Õunasortide liigitamine	12
1.4.1. Suvi-, sügis- ja talisordid ning väikeseviljalised õunasordid	12
1.4.2. Laua-, mahla- ja siidriõuna sordid	13
1.5. Õuna biokeemiline koostis ja seda mõjutavad tegurid	14
1.5.1. Mahlas lahustunud kuivaine	15
1.5.2. Tiitritavad ehk orgaanilised happed ja pH	16
1.5.3. Mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe	17
1.5.4. Polüfenoolsed ühendid, sealhulgas tanniinid	17
1.5.5. Sordi mõju õuna biokeemilisele koostisele	19
1.5.6. Ilmastiku ja kasvuaasta mõju õuna biokeemilisele koostisele.....	20
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	21
2.1. Asukoht, mullastik ja ilmastik	21
2.2. Katsesse võetud õunasordid.....	22
3. TULEMUSED JA ARUTELU	28
3.1. Sordi ja kasvuaasta mõju õunamahlas lahustunud kuivaine sisaldusele	28
3.2. Sordi ja kasvuaasta mõju orgaaniliste hapete sisaldusele õunamahlas.....	30
3.3. Sordi ja kasvuaasta mõju õunamahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarvule....	32
3.4. Sordi ja kasvuaasta mõju tanniinide sisaldusele õunamahlas.....	34
3.5. Sordi ja kasvuaasta mõju õunamahla pH väärtusele	36
KOKKUVÕTE	38
SUMMARY	40
KASUTATUD KIRJANDUS	42
LISAD	47
Lisa 1. Uurimistöö tulemused - siidri valmistamiseks sobivad õunasordid ja nende biokeemilised näitajad	47

SISSEJUHATUS

Õunad on Eestis ühed populaarsemad puuviljad, mida tarbitakse nii värskelt kui töödeldult. Toorainena kasutatakse õunu kuivatamiseks, mooside ja kompottide aga ka mahlade ja kääritatud jookide (siider, vein) valmistamiseks. Õunte ja pirnide kasvupind Eestis on viimase kümne aasta jooksul (2011-2020) vähenenud 36%, kuid saagikus on tõusnud 82% (Statistikaamet, 2021). Käesoleval ajal on kvaliteetse siidri tootmine muutunud aina populaarsemaks, mistõttu on suurenenud ka siidritootjate huvi siidri valmistamiseks sobivate õunasortide vastu, et saavutada oma toodete isikupärane maitse ja joogipartiide ühtlane kvaliteet (Rätsep et al., 2020). Viimase kümne aasta jooksul on Eestisse rajatud ka mitmeid kaasaegseid tootmisaedu spetsiaalselt siidriõunte kasvatamiseks (Sander-Sõrmus, 2017).

Kasvuaasta ilmastik mõjutab saagi valmimist ja õunte biokeemilist koostist nii mahlas lahustunud kuivaine kui ka tanniinide sisalduse osas (Rätsep et al., 2020). Piisavalt kõrge suhkrusisaldus mõjutab oluliselt käärimisprotsessi ja tagab siidri valmistamiseks piisava alkoholisisalduse ning võimaluse lõpetada kääritamine varem, et toota loodusliku jääk-suhkruga poolkuiva siidrit (Merwin et al., 2008). Siidri aroomi, värvust ning mõru ja kootavat maitset mõjutavad polüfenoolsete ühendite rühma kuuluvad tanniinid (Laaksonen et al., 2017). Kuna siidri maitse ja aroomi kujundamisel väga olulist rolli omavate tanniinide sisaldus sõltub õunasordist ja võib sortide lõikes suures osas varieeruda, siis on sobiva sordi valik kvaliteetse siidri tootmises väga oluline (Symoneaux et al., 2014). Sort mõjutab ka õunamahla orgaaniliste hapete sisaldust (Lea, 1999). Happe üldsisaldus on oluline parameeter ja see annab tüüpilise õunamahla maitse, mis on siidri tootmiseks hädavajalik (Krasnova et al., 2013). Väga oluline on ka suhkru ja happesuse tasakaalustatud proportsioon (Del Campo et al., 2006). Mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv võimaldab hinnata õunte magus-hapusust ja maitse meeldivust kvaliteetse siidri valmistamise eesmärgil (Petkovsek et al., 2007).

Varasemalt on uuritud Eesti õunasortide sobivust siidri valmistamiseks lähtuvalt õunte biokeemilisest koostisest (Rätsep et al., 2020) ning kasvukoha mõju õunte biokeemilisele koostisele (Meister, 2020). Samuti on uuritud genotüübi ja pookealuse mõju Eestis kasvatatavate õunasortide polüfenoolide sisaldusele (Mainla et al., 2011) ning juurevälise

kaltsiumiga väetamise mõju erinevatel pookealustel kasvatatud õunasortide polüfenoolide sisaldusele ja antioksüdatiivsele aktiivsusele (Mainla et al., 2012). Siidri valmistamiseks parimate õunasortide väljaselgitamiseks tuleb uuringuid jätkata, et teada saada, kui palju erinevad saagiaastate biokeemilised näitajad üksteisest ja kui suur osa on ilmastiku mõjul sordiomadustele.

Magistritöö eesmärk oli hinnata õunasortide sobivust siidri valmistamiseks sõltuvalt sordist, kasvuaastast ja õuna biokeemilisest koostisest.

Püstitati hüpotees, et sordi mõju õuna biokeemilisele koostisele on olulisem kui kasvuaasta mõju.

Katse käigus analüüsiti Eesti Maaülikooli Polli aiandusuuringute keskuse katseaedadest kogutud 11 erineva sordi viljade biokeemilist koostist nelja erineva kasvuaasta (2017-2020) lõikes. Laboratoorne töö viidi läbi Eesti Maaülikooli Polli aiandusuuringute keskuse analüüsiüksuses. Katse käigus määrati õunamahlas lahustunud kuivaine sisaldus (°Brix), pH, orgaaniliste (tiitritavate) hapete ja tanniinide sisaldus ning arvutati mahlas lahustunud kuivaine ja tiitritavate hapete suhtarv õunasortide lõikes. Sellest lähtuvalt hinnati õunasortide sobivust siidri valmistamiseks.

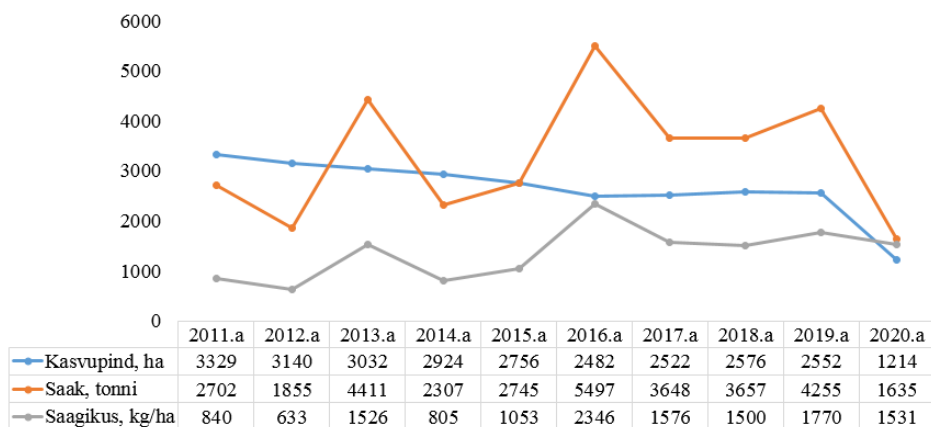
Käesolev uurimistöö on jätk Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse (EAS) poolt rahastatud projektile „Õunviljaliste puuviljade mahla bioaktiivsete näitajate hindamine uute toodete väljatöötamise eesmärgil (15.09.2016 – 28.02.2017)“ (Eesti Teadusinfosüsteem, 2021), mis viidi läbi EMÜ Polli aiandusuuringute keskuse ja Tori Jõesuu Siidri- ja Veinitalu koostöös.

Magistritöö autor tänab juhendajaid teadur Reelika Rätsepat ja spetsialist Kristine Tiiratsit ning teisi EMÜ Polli aiandusuuringute keskuse labori töötajaid, kes aitasid katse läbiviimisel ja töö koostamisel.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Õunakasvatusest üldiselt, olukord ja kasvupinnad mujal maailmas ja Eestis

Õunad on kõige populaarsemad ja suurema toodanguga puuviljad nii kogu maailmas kui ka Euroopa Liidus (EL) (Shanbandeh, 2021). Juhtiv õunatootmise riik maailmas on Hiina, kus toodeti 2019/2020 saagiaastal ligikaudu 41 miljonit tonni õunu. Hiinale järgneb EL, kus samal aastal toodeti ligikaudu 14 miljonit tonni õunu. 2017. aasta andmetel moodustasid õunaaiad 15,5% kogu EL-i puuviljade kasvupinnast. Ligi kolmandik (31,1%) EL-i õunaaedadeist asub Poolas, kus õunaaiaid moodustasid poole (50,2%) kogu riigi puuviljade kasvupinnast ning 24,3% õunte kogutoodangust (Eurostat, 2021). 2017. aastal hinnati EL-is õunatoodangu maht 3,8 miljardile eurole, mis moodustas 16,5% EL-i puuviljatoodangu väärtusest. Õunte ja pirnide kasvupind Eestis on viimase kümne aastaga vähenenud 36%, saak on aastate lõikes nii suurenenud kui vähenenud, kuid saagikus on tõusnud 82% (joonis 1) (Statistikaamet).



Joonis 1. Õuna ja pirni kasvupinnad, saak ja saagikus Eestis aastatel 2011-2020 (Statistikaamet, 2021).

Kuigi kasvupinnad Eestis on viimaste aastate jooksul vähenenud, on saagikus tõusnud ja õun siiski kõige populaarsem puuvili ning õunakasvatajad otsivad võimalusi sordipõhisteks toodeteks ja uusi viljade väärindamise võimalusi. Statistikaameti andmetel oli 2020. aastal puuviljade ja marjade (sh. maasika) kasvupind Eestis 4032 hektarit, millest õuna ja pirni

kasvupind moodustas 30%. Puuvilja ja marjade (sh. maasikas) kogusaak oli samal aastal 3251 tonni, millest 53% moodustas õuna- ja pirnisaak (Statistikaamet, 2021).

1.2. Õunakasvatuse eesmärgid

Õunu kasvatatakse enamasti lauaõunteks või toodete valmistamise eesmärgil (Rätsep et al., 2020). Lauaõunu kasvatatakse nii värselt tarbimiseks kui turustamiseks sh oma tarbeks kodumajapidamises tarbimiseks. Toodete valmistamise eesmärgil kasvatatakse õunu väike- või suurtootmisettevõtetele jookide, mooside, salatite jm toodete valmistamise eesmärgil. Eestisse on viimase kümne aasta jooksul rajatud mitmeid kaasaegseid tootmisaedu, mille eesmärgiks on pakkuda kvaliteetset kodumaist lauaõuna (Sander-Sõrmus, 2017). Mitmed õunaaiad on rajatud ka spetsiaalselt siidritootmise eesmärgil. Statistikaameti andmetel on siidriõunte import Eestisse kasvanud mitmekordselt (BNS, 2016). 2015. aastal imporditi siidriõunu Eestisse 1495 tonni ja 2014. aastal 1039 tonni. Varasemalt, aastatel 2010-2013 oli siidriõuna import keskmiselt 147 tonni aastas. MTÜ Eesti Veinitee liikmete tootmismahdade analüüsist selgub, et 2020. aastal toodeti MTÜ Eesti Veiniteesse kuuluvate Eesti väiketootjate poolt ligi 81 000 liitrit puuvilja- ja marjaveini, siidreid ning viinamarjaveine (Huberg et al., 2021). Eesti Veinitee liikmete toodangumaht on viimase viie aastaga tõusnud üle kolme korra. Kõige populaarsemaks tooraineks MTÜ Eesti Veinitee kuuluvatel väiketootjatel on õun, mis juhib pingerida 28 578 liitriga, teisel kohal on rabarber 14 000 liitri ja kolmandal kohal mustsõstar ligi 7000 liitriga.

Siider on iidne jook, millele on viidatud juba Rooma ajal (Watson, 2013). Õunamahlast kääritamisel saadud kange siider oli omal ajal enim tarbitud alkoholne jook Ameerikas (Miles et al., 2020). Pärast keeluaega selle tarbimine küll vähenes, kuid viimase kahe aastakümnega on selle populaarsus taas tõusnud ning kangest siidrist on saanud arvestatav alternatiiv õllele, veinile ja kangele alkoholile. Siidritootmine on tänapäeva käsitööjoogi tootmise üks kiiremini kasvavaid sektoreid. Suurenev nõudlus kange siidri järele mõjutab ka õunakasvatajaid, kes on juba keskendunud või plaanivad keskenduda siidriõunte kasvatamisele. Ameerika Ühendriikides on siidritootjate jaoks siidriõunte kasutamisel esmatähtis tegur sobivate õunasortide ja mahlade hankimine (Pashow, Mahr, 2018). Spetsiaalsed siidriõuna sordid annavad sobiva biokeemilise koostisega (piisava suhkru ja happe sisaldusega) mahla, mis hõlbustab kvaliteetse kange siidri tootmist. Tänapäeval on

spetsiaalsete siidriõunte leidmine USA siidritootjatele märkimisväärne väljakutse. Suur osa Ameerika Ühendriikides toodetud kangest siidrist on valmistatud imporditud õunamahla kontsentraadist ja/või odavast värskest puuviljast. Siidri populaarsemaks muutudes võib vaja minna mitmekesisemaid tooteid, millel on rohkem “*body*”, maitset ja lõhna ning see suurendaks vajadust spetsiaalsete sortide ja mahla järele (Gottschalk et al., 2017).

Eestis registreeriti esimene siider 2015. aastal (Eesti Siidritee, 2021). Ajalooliselt ei ole Eestis siidrit valmistatud, mistõttu on spetsiaalselt siidri valmistamise eesmärgil rajatud õunaaiaid veel noored ja siidri valmistamistehnoloogiad avastamisel. Eestis kasutatakse siidri valmistamiseks peamiselt söömiseks mõeldud õunasorte (‘Talvenauding’, ‘Koit’, ‘Antonovka’, ‘Kuldrenett’). Mõnede siidritootjate õunaaedades on kasvamas ka Suurbritanniast või Prantsusmaalt toodud spetsiaalsed siidriõunasordid. Uuritud on ka võimalusi õunamahla ja kääritatud õunamahlatoodete tootmisel tekkivate pressimisjääkide väärindamiseks õunapüreeks ja selle baasil valmistatud uudsete toodete tootmiseks (Kuldjärv, 2018). Laiem eesmärk on vähendada siidritootmises tekkivate jääkide hulka ning tõsta toorainest inimtoiduks ära kasutatava osa mahtu.

1.3. Kliima ja ilmastiku mõju õunakasvatusele

Iga taimeliik ja sort vajavad normaalseks arenemiseks kindlat suvist soojushulka (aktiivsete temperatuuride summat), millest oleneb viljade valmimine (Kivistik et al., 2012). Kui suvine soojushulk jääb vajalikust väiksemaks, ei jõua hilisematel sortidel viljad valmida ning need ei omanda sordile iseloomulikku küpset maitset ka peale järelvalmimist. Õunapuu lõunamaistel talisortidel jäävad vähese soojushulga puhul viljad maitsetuks ka Lõuna-Eestis kasvades. Rohke suvise soojusega valmivad sama sordi viljad varem. Külmemaa kliimaga piirkondadesse tuleks istutada vaid neid sorte, mis taluvad paikkonnale omast talve.

Ilmastiku mõju õunakasvatusele on väga oluline. Kasvuaasta ilmastik mõjutab saagi valmimist ja õunte biokeemilist koostist (Rätsep et al., 2020). Üleküpsemine põhjustab viljade suhkrute sisalduse tõusu ja seetõttu võib magusamapoolsete õunte suhkrute ja hapete suhe tõusta optimaalsest kõrgemaks. Kui aga vili ei ole tehniliselt küps, võib jääda

olematuks tanniinide sisaldus, mis mõjutab oluliselt vilja maitsebuketti. Eesti teadlaste poolt läbiviidud uuringu tulemus on näidanud, et kui biokeemilisi analüüse tehakse liiga vara või liiga hilja, siis erinevad nende sortide biokeemilised näitajad teistest sortidest suurel määral, mistõttu võib see mõjutada mahla kääritamise protsesse ja siidripartiide stabiilselt ühtlast kvaliteeti. Lylian Meisteri (2020) magistritöö tulemused näitasid, et erinevate kliimaatiliste tingimustega kasvukohad mõjutasid erinevalt õunamahlas lahustunud kuivaine sisaldust ning et pehme talve ja pika suvega Lääne-Eestis kasvanud õuntes oli see eranditult kõrgem kui keskmise talve ja keskmise pikkusega suvega Lõuna-Eestis kasvanud õuntes.

Viimaste aastate muutuvad kliimatingimused, sealhulgas taimekasvuperioodil esinev põud, on muutunud puuviljatootmises tõsiseks probleemiks (Zydlík et al., 2020). Viimaste aastakümnete jooksul on Eestis +30 °C ja kõrgema õhutemperatuuriga kuumalainete korduvus tõusnud, seda eriti alates 1994. aastast (Tammemets, 2008). Palavad perioodid on valdavalt juulis ja augustis. Ohtlikuks põua kriteeriumiks on vihma puudumine vegetatsiooniperioodil 20 päeva jooksul, mille tulemusena ei jätku taimedele mullavett. Kui see juhtub taime jaoks eriti tundlikus arengufaasis, on saagikaod väga suured. Taimede seisukohalt on eriti oluline sademete ajaline jaotumus ja sademete hulk vegetatsiooniperioodil. Ka talvised sademed, mida sageli mõõdab ladestunud lume kõrgus ning põhjavee tase, võivad olla olulised, sest need täiendavad kevadisi mullavee varusid ja määravad taimede kasvutingimused vegetatsiooniperioodi algul. Eestis on lumikattest tulnud mullavee varude suurus oluline, kui suve esimene pool on sademetevaene. 20-päevaseid sademeteta perioode võib Eestis esineda kogu aasta vältel, kõige sagedamini augustis-septembris ning mais-juunis.

1.4. Õunasortide liigitamine

1.4.1. Suvi-, sügis- ja talisordid ning väikeseviljalised õunasordid

Õunasorte rühmitatakse tarbimisaja alguse järgi suvi-, sügis- ja talisortideks (Kivistik et al., 2012). Suvisordid on mõeldud koheselt tarbimiseks ning nende säilivus on lühiajaline (ulatudes olenevalt sordist mõne kuuni). Sügissortide valmimine algab septembris ning

olenevalt sordist on need sobivas tarbimisküpsuses aasta lõpuni. Talisordid saavad tarbimisküpseks pärast pikemaajalist järelvalmimist. Väikeseviljaliste õunasortide viljade läbimõõt on alla 5 cm (Flint, 1991). Väikeseviljalisi õunasorte on kasvatatud Euroopas peamiselt ilupuudena ja nende viljade toiteväärtust ei ole põhjalikult avaldatud. Suurbritannias tehtud uuring näitas, et väikeseviljaliste sortide viljad on kiudainerikkad, madala suhkru- ja kõrge fenoolsete ühendite sisaldusega ning sobivad antioksüdatiivsete omaduste poolest inimese toidulauale (Petkova et al., 2020). Väikeseviljalisi õunasorte kasutatakse veini ja siidri valmistamiseks peamiselt nende kõrge tanniinide sisalduse tõttu, et anda joogile tüüpilist meeldivat ja spetsiifilist maitset (Krasnova et al., 2013).

1.4.2. Laua-, mahla- ja siidriõuna sordid

Siidritootmiseks aretatud õunad ei sobi maitse poolest lauaõunteks, sest kõrge polüfenoolide sisaldus muudab need värskelt tarbimiseks maitsetuks, kuid need annavad siidrile omapärase keerukuse ja kootavuse (Merwin et al., 2008). Siidriõuntes on polüfenoolide sisaldus kõrgem kui lauaõuntes. Magusamad õunasordid sisaldavad vähem fenoolseid ühendeid nii kooses kui ka viljalihas (Marks et al., 2007). Siidriõunte kategooriasse võivad kuuluda ka mõned peamiselt laua- ja mahlaõuntena kasvatatavad sordid. Ühendkuningriigis Long Ashton siidriuuringute keskuses 1900. aastate alguses väljatöötatud õunte kvantitatiivse klassifitseerimise süsteemi alusel saab iga õunasordi paigutada maitseomadustelt ühte alljärgnevatest kategooriatest (Merwin et al., 2008):

- magus ($< 0,20\%$ polüfenoolide ja $< 0,45\%$ õunhapet), madal tanniinide sisaldus ja madal happesus;
- mõru-magus ($> 0,20\%$ polüfenoolide ja $< 0,45\%$ õunhapet), kõrge tanniinide sisaldus ja madal happesus;
- terav ($< 0,20\%$ polüfenoolide ja $> 0,45\%$ õunhapet), madal tanniinide sisaldus ja kõrge happesus;
- mõru-terav ($> 0,20\%$ polüfenoolide ja $> 0,45\%$ õunhapet), kõrge tanniinide sisaldus ja kõrge happesus.

Enamik laua- ja kulinaariaõunu kuuluvad magusa või terava maitsega õunte kategooriasse. Kvaliteetse siidri valmistamiseks sobivad tanniinirikkad, intensiivse õuna aroomiga ja mõõduka kootavusega õunasordid (Riekstina-Dolge et al., 2014; Spoor et al., 2019). Spetsiaalsed siidriõuna sordid kuuluvad enamasti mõru-magus kategooriasse (Copas, 2001). Mõned siidriõuna sordid kuuluvad ka mõru-terav kategooriasse - sellised sordid sisaldavad piisavalt parkaineid ja neist saab toota piisavalt madala pH-ga nn ühe õunasordi siidrit.

Kvaliteetne siider on traditsiooniliselt valmistatud mõru-magusast (hape < 0,45%, tanniin > 0,20%) ja mõru-teravast (hape > 0,45%, tanniin > 0,20%) siidriõuntest (Barker ja Burroughs, 1953). Kasvatajad on ajalooliselt valinud siidriõuna sordid nende puuviljahappe ja tanniini sisalduse taseme järgi (Merwin et al., 2008). Kuna nõudlus kaalub siidriõunte pakkumise tugevalt üles, valmistatakse nii käsitöö- kui ka tööstuslikke siidreid enamasti lauaõuntest, kuna need on hõlpsamini kättesaadavad ja suhteliselt odavad. Käsitöösiidri tootjad saavutavad soovitud mõrususe ja teravuse taseme segades mõru-magusaid ja mõru-teravaid sorte, tööstuslikud siidri valmistajad aga lisavad eksogeenset õunhapet ja tanniini (Lea, 2008; Merwin et al., 2008).

Katsetatud on ka suveõuntest siidri valmistamist (Girschik et al., 2017). Sel juhul on suveõunad koristatud enne täielikku tarbimisküpsust, et tagada piisav polüfenoolsete ühendite ja hapete sisaldus. Rohkem polüfenoolse (sh tanniini) sisaldavaid poolküpseid õunu on võimalik kasutada segudes teiste õunasortide mahlaga, et saada sobiva maitse ja aroomiga jook (Laaksonen et al., 2017). Spetsiaalselt siidri valmistamiseks sobivate õunasortide hindamine ja eesmärgipärased biokeemilise koostise analüüsid aitavad joogitootjatel sobivamaid õunasorte valides toota parima kvaliteediga siidrit (Girschik et al., 2017).

1.5. Õuna biokeemiline koostis ja seda mõjutavad tegurid

Õun sisaldab suhkruid, orgaanilisi happeid, aminohappeid, fenoolseid ühendeid ja rasvhappeid (Wu et al., 2007). Keskmiselt sisaldavad õunad 13% kuivainet, 9% suhkrut, 0,9% happeid, 0,3% toortuhka, 0,7% pektiinaineid ning 0,1% värv- ja parkaineid (Kivistik

et al., 2010). Keskmistest andmetest võib sorditi olla suuri kõrvalekaldumisi. Kõige domineerivam suhkur erinevates õunasortides on fruktoos, millele järgnevad glükoos ja sahharoos. Õunas sisalduv peamine orgaaniline hape on õunhape. Õunas sisalduvatest rasvhapetest üle 70% moodustavad C18 perekonda kuuluvad rasvhapped. Peamised aminohapped õunas on asparagiin ja seriin. Fenoolsetest ühenditest domineerivad klorogeenhape ja protokatehhape.

1.5.1. Mahlas lahustunud kuivaine

Mahlas lahustunud kuivaine ehk suhkrute sisaldus mõjutab siidri kui lõpptoote alkoholisisaldust (Del Campo et al., 2006; Petrosvek et al., 2007; Merwin et al., 2008; Symoneaux et al., 2014). Siidri valmistamiseks optimaalne mahla kuivainesisaldus on vahemikus 11-15 °Brix. Optimaalsest madalam või oluliselt kõrgem mahla kuivainesisaldus mõjutab oluliselt käärimisprotsessi kulgemist. Piisavalt kõrge suhkrusisaldus tagab siidri valmistamiseks piisava alkoholisisalduse ja ka võimaluse lõpetada kääritamine varem, et toota loodusliku jääsuhkruga poolkuiva siidrit (Merwin et al., 2008). On täheldatud, et valgustugevuse suurenemine ja kõrgem temperatuur kasvuperioodil põhjustavad suhkrusisalduse suurenemist enamikus uuritud puuviljades (Zheng et al., 2018). Poola teadlaste uurimistöös leiti, et mahlas lahustunud kuivaine sisaldust mõjutab ka pookealus (Skrzynski, 2007). Uuringutulemused on näidanud, et nõrgakasvulistel ja keskmise kasvutugevusega alustel kasvavatel õunapuude viljadel on kõrgem mahla kuivaine sisaldus võrreldes tugevakasvulistel pookealustel kasvavate õunapuude viljadega. Ka Brasiilia teadlaste uurimistöö tulemused näitasid, et kõrgema mahla kuivaine sisaldusega vilju andsid need õunapuud, mis olid nõrgemakasvulistel alustel (Pasa et al., 2016).

1.5.2. Tiitritavad ehk orgaanilised happed ja pH

Orgaanilised happed ja pH mõjutavad siidri stabiilsust (Del Campo et al., 2006; Petrosvek et al., 2007; Merwin et al., 2008; Symoneaux et al., 2014). Happe üldsisaldus on oluline parameeter ja see annab tüüpilise õunamahla maitse, mis on siidri tootmiseks hädavajalik (Krasnova et al., 2013). Happesusel on kaks aspekti - üldhape ja pH. Happe üldsisaldus on seotud happelise maitse tajumisega, samas pH väärtus on seotud kääritamise biokeemia erinevate aspektidega. Happesus tõuseb alati, kui pH väärtus langeb ja vastupidi. Tiitritava happe (õunhappe) üldsisaldus siidrimahlas peaks olema 0,30-0,70%. Kui üldhape on liiga madal, on pH väärtus liiga kõrge ja käärimine on vastuvõtlik bakteriaalsetele infektsioonidele. Kui üldhape on liiga kõrge, on pH mikroobide eest kaitsmiseks piisavalt madal, kuid lõplik siider on suulae jaoks lubamatult terav ega pruugi olla joomiseks meeldiv. Siidri valmistamiseks soovitatav mahla pH-väärtus on vahemikus 3,2-3,8. Kõrgema pH korral allub fermentatsioon bakteriaalsele infektsioonile ja pH-väärtus üle 4 võib põhjustada tõsiseid maitseprobleeme. Paljudel mõru-magusatel siidriõuntel on kõrge pH, mistõttu on nende mahla vaja segada happelisemate õunasortide mahlaga, eelistatult enne kääritamist.

Orgaaniliste hapete sisaldus muutub sõltuvalt õuna küpsusastmest ja väheneb üleküpsenud viljades (Zhang et al., 2010). Kui enamuse suhkrute ja suhkrualkoholide kontsentratsioon õuna viljalihas kas suurenes või jäi muutumatuks sõltuvalt õuna küpsusastmest, siis enamike orgaaniliste hapete, aminohapete ja fenoolsete ühendite kontsentratsioon väheneb. See viitab sellele, et enamik suhkruid ja suhkrualkohole sünteesitakse ja/või akumulerevad kiiremini või sarnaselt viljade kasvule samal ajal, kui orgaanilised happed, aminohapped ja fenoolhapped sünteesitakse ja/või akumulerevad vilja kasvu suhtes aeglasemalt.

Orgaaniliste hapete sisaldust mõjutab ka pookealus (Skrzynski, 2007). Uuringutulemused on näidanud, et tugevakasvulistel ja keskmise kasvutugevusega alustel kasvavatel õunapuude viljadel on kõrgem orgaaniliste hapete sisaldus võrreldes nõrgakasvulistel pookealustel kasvavate õunapuude viljadega.

1.5.3. Mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe

Suhkrute ja hapete sisaldus ning eriti nende suhtarv on oluline näitaja, mis määrab nii puuviljade kui puuviljasaaduste maitse ja kvaliteedi (Zheng et al., 2018). Väga oluline on ka suhkru ja happesuse tasakaalustatud proportsioon (Del Campo et al., 2006). Mahlas lahustunud kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv võimaldab hinnata viljade magushapususust ja maitse meeldivust (Petkovsek et al., 2007). Siidri valmistamiseks sobiv kuivaine ja hapete suhe jääb vahemikku 10-20 (Krasnova et al., 2013). Kui see suhtarv tõuseb üle 20, siis õunamahla maitseomadused halvenevad ja see ei sobi enam siidri tootmiseks.

Paljud uuringud näitavad, et keskkonnategurite mõju puuviljade / marjade koostisele sõltub suuresti geneetilisest taustast (Zheng et al., 2018). USA-s läbi viidud uuringust selgus, et eelkõige mõjutasid siidriõunte mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete sisaldust sort ja kasvuaasta ning kasvukoht ei avaldanud olulist mõju nendele näitajatele (Alexander et al., 2016). Lylian Meisteri (2020) magistritöös on aga välja toodud, et kasvukoht mõjutab nii õunamahlas lahustunud kuivaine sisaldust kui tiitritavate hapete sisaldust. Eesi Arrase (2013) bakalaureusetöö tulemused näitasid, et Eestis kasvatatud õuntes on mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe madalam kui välismaistes õunasortides. Õunamahla kuivaine ja orgaaniliste hapete sisaldust mõjutab ka pookealus (Skrzynski, 2007).

1.5.4. Polüfenoolsed ühendid, sealhulgas tanniinid

Õunasordid on fenoolsete ühendite sisalduse ja koostise poolest oluliselt erinevad (Wu et al., 2007). Polüfenoolsete ühendite sisaldus õuntes varieerub vastavalt kasvuaastale, sordile, küpsusastmele, saagikoristusajale, viljapuuaija majandamisstiilile, ilmale ja muudele puuviljadele stressi põhjustavatele tingimustele (Lea, Beech, 1978; Lea, Timberlake, 1978; Valois et al., 2006). Fenoolsete ühendite sisaldus sõltub nii õunasordist kui küpsusastmest. Madal fenoolsete ühendite kontsentratsioon võib kaitsta õunu oksüdatiivse riknemise eest mahla tootmise ajal. Kõrge fenoolsete ühendite ja nende oksüdeerumisproduktide kontsentratsioon võib põhjustada õunamahlas värvimuutust ja hägusust proantotsüanidiinide (kondenseeritud tanniinide), valkude ja süsivesikute või mineraalide

koostoime tagajärjel (Wu et al., 2007). Fenoolsed ühendid toimivad säilitusainena, võimaldades siidrit pikka aega säilitada (Tozer et al., 2015). Eesti teadlaste uurimistöös on välja toodud, et polüfenoolide sisaldust õuntes on võimalik suurendada juurevälise kaltsiumiga (CaCl_2) väetamisega, kuid mõju sõltub pookealusest (Mainla et al., 2012). Polüfenoolide sisaldust õuntes mõjutavad nii sort, pookealus kui ka kasvuaasta ilmastikutingimused (Mainla et al., 2011). Eesi Arrase (2013) bakalaureusetöö tulemused näitasid, et Eestis kasvatatud õuntes oli polüfenoolide sisaldus kõrgem kui välismaistel õunasortidel.

Tavaliselt kasutatakse siidri tootmiseks küpsed või üleküpsenud õunu nende pehmenenud struktuuri tõttu, mille tulemuseks on suhkrusisalduse suurenemine õunte valmimise ajal ja suurem mahlasaak, kuid uuringutulemused näitavad, et vähemküpsed ja suurema fenoolsete ühendite sisaldusega õunad sobivad paremini siidrite tootmiseks (Laaksonen et al., 2017). Valmimata õunad sisaldavad fenoolseid ühendeid üldiselt rohkem, kuigi toime sõltub sordist. Vähemküpsed õunu võib kasutada ka segus teiste sortidega, et suurendada siidri fenoolsete ühendite sisaldust. Mahlade ja siidrite fenoolsete ühendite sisalduse olulised erinevused võivad mõjutada ka sensoorseid omadusi nagu kootavus või mõrusus töötlemistingimustes, kus polüfenoolide eraldamine koorest on minimaalne (Thomson-Witrick et al., 2014; Laaksonen et al., 2017). Fenoolsete ühendite sisaldus on õunakoores kõrgem kui viljalihas. Eeldatakse, et enamik siidris leiduvatest fenoolsetest ühenditest pärineb viljalihast (Marks et al., 2007).

Polüfenoolid mõjutavad suuresti nii siidri maitset, käärimisprotsessi, stabiilsust kui säilivust (Del Campo et al., 2006; Pashow, Mahr, 2018). Tanniinid (protsüanidiinid) on olulisim polüfenoolsete ühendite rühm, mis mõjutab nii siidri aroomi, värvust kui ka maitset (mõru, kootav) (Laaksonen et al., 2017). Poolkuiva ja kuiva siidri valmistamiseks võiks optimaalne tanniinide sisaldus mahlas olla pigem üle 0,20% (Merwin et al., 2008). Katsetulemused on näidanud, et väikeseviljaliste õunasortide tanniinisaldus võib olla kümme korda suurem kui suureviljalistel - seetõttu on väga oluline hinnata fenoolsete ühendite sisaldust õuntest enne siidri valmistamist (Krasnova et al., 2013). Kreeka teadlased leidsid oma uurimistöös, et õunapuu päikesele rohkem avatud võraosades kasvanud õuntel oli fenoolsete ühendite sisaldus enamasti suurem, kui võra sisemuses kasvanud õuntel ning tumedama punase koorevärvusega õunasortidel on fenoolsete ühendite sisaldus õuna koores kümme korda suurem kui viljalihas (Drogoudi, 2011). Kuna siidri maitse ja aroomi kujundamisel väga olulist rolli omavate tanniinide sisaldus sõltub

õunasordist ja võib sortide lõikes suures osas varieeruda, siis on sobiva sordi valik kvaliteetse siidri tootmises väga oluline (Symoneaux et al., 2014).

1.5.5. Sordi mõju õuna biokeemilisele koostisele

Puuviljade ja marjade biokeemilist koostist mõjutavad nii sort, kasvuperiood kui ka keskkonnategurid. Kääritatud jookide kvaliteedinäitajad sõltuvad peamiselt kasutatud õunasordist (Tarko et al., 2018). Teadlaste uuringud on näidanud, et suhkrute ja hapete koostis puuviljades ja marjades varieerub märkimisväärselt sõltuvalt sordist ja keskkonnateguritest (Zheng et al., 2018). Erineva geneetilise taustaga taimedes eksisteerivad erinevad metaboolsed rajad ja erinevad reguleerimissüsteemid, mille tulemuseks on puuviljas vastavate metaboliitide erinev reageerimine erinevatele keskkonnatingimustele. Katsetulemused on näidanud kvantitatiivseid erinevusi õunasortide koostises, eriti nende fenoolsete ühendite sisalduses (Wu et al., 2007). Seda kinnitab ka Eesti teadlaste uurimistöö, mille tulemused näitavad, et sort mõjutab õunte fenoolsete ühendite sisaldust (Mainla et al., 2011). Sort mõjutab ka orgaaniliste hapete sisaldust õuntes (Lea 1997). Ka USA teadlased on leidnud, et sordil on oluline mõju siidriõunte mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete sisaldusele (Alexander et al., 2016).

Horvaatia teadlaste poolt läbi viidud uuringust selgub, et Balkani piirkonnas kasvatatavate iidsete õunasortide biokeemiline koostis on tihti mitmekesisem kui tänapäevase aretustöö tulemusena saadud sortidel (Jakobek et al., 2013). Polüfenoolide sisalduse kohta vanemates õunasortides on kirjanduses vähe andmeid, kuid Balkani piirkonnas uuritud kohalike iidsete õunasortide polüfenoolide sisaldus sarnanes tänapäeval kaubadusvõrgus müüdavate kõrgema fenoolisisaldusega õunasortide omaga. Vanad ja peaaegu unustatud õunasordid võivad olla mitte ainult oluline polüfenoolide, vaid ka geenide allikas uute kaubanduslikult kasvatatavate sortide aretamisel.

Leedu teadlased on oma uurimistöös jõudnud järeldusele, et pookealused avaldavad mõju õunte biokeemilistele omadustele (Kviklys, 2014). P-seeria pookealused mõjutasid puuviljade tiitritavat happesust ja M26 pookealuse tüüp avaldas mõju mahlas lahustunud kuivaine sisaldusele. Olulised erinevused pookealuste vahel olid ka viljade polüfenoolide üldsisalduses.

1.5.6. Ilmastiku ja kasvuaasta mõju õuna biokeemilisele koostisele

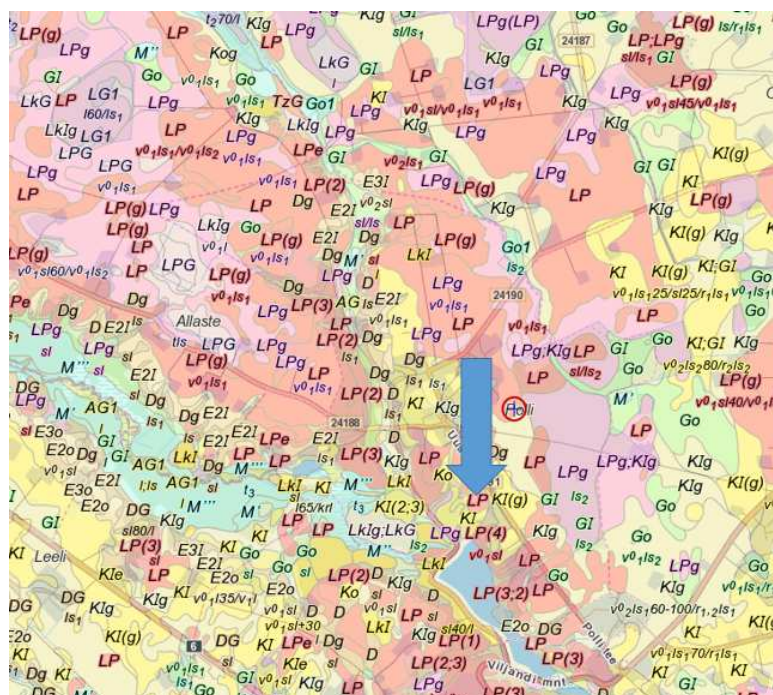
Kliimamuutused mõjutavad märgatavalt õunapuude iga-aastast bioloogilist kasvu ja arengut, millel on otsene mõju saagi kvaliteedile ja kvantiteedile (Gitea et al., 2019). Saagiaasta ilmastik mõjutab otseselt saagi valmimist ja sellest tulenevalt ka biokeemiliste ühendite sisaldust (Rätsep et al., 2020). Viljade üleküpsemisel tõuseb mahlas lahustunud kuivaine sisaldus ja omadustelt magusamapoolsete õunte suhkrute ja hapete suhe võib jääda optimaalsest kõrgemaks. Kui aga õunad ei jõua valmida tehniliselt küpseks, võib maitsebuketile vajalik tanniinide sisaldus jääda olematuks.

Jaapani teadlaste uurimistöö tulemused näitasid, et kliimasoojenemise tagajärel on viimase 30-40 aasta vältel õunte maitseomadused ja tekstuur muutunud (Sugiura et al., 2013). Neid muutusi põhjustavad õunapuude varasem õitsemine ja kõrgem temperatuur kasvuperioodil. Põhilisteks biokeemiliste näitajate muutusteks on mahlas lahustunud kuivaine sisalduse suurenemine ja orgaaniliste hapete sisalduse vähenemine, kuigi saagikuse määramiseks kasutatud küpsusindeksit arvutati katses sarnaselt varasemaga (nt kalendrikuupäev, päevade arv pärast täielikku õitsemist, koore värvus ja tärklise kontsentratsioon). Vähenenud on ka õunte tekstuuriline tugevus ja veesisaldus. Need tulemused viitavad sellele, et õunte maitse ja tekstuurilised omadused muutuvad pikaajaliselt, kuigi tarbijad ei pruugi seda väikest muutust tajuda. Kui globaalne soojenemine jätkub, siis võivad maitse- ja teksturiomadused õuntes olla tajutavamad, kuna õitsemine algab varem ja kasvukeskkonna temperatuurid tõusevad jätkuvalt. Ameerika Ühendriikides läbi viidud uuringu tulemustest selgub, et enamik õunakasvatajatest tunnistab kliima suurenenud varieeruvust ning nii aastaste kui hooajaliste ilmastikutingimuste varieeruvust (Veteto et al., 2014). Täheldati üldist soojenemistendentsi, kuid kasvatajad märkisid ka sademete muutumist, kliima üldist ebastabiilsust ja äärmuslike ilmastikunähtuste sagenemist. Uuringusse kaasatud õunakasvatajate peamiseks mureks on soojemad talved ja varasemad kevaded, mis tekitavad õunatootmisele palju kahju. Tänapäevased tarbijaelistused ja turusuundumused on liikunud potentsiaalsetest haigustele ja ilmastikule vastupidavatest õunasortidest kaasaegsetele kaubanduslikele õunasortidele, mis on keskkonnamuutuste poolt tekitatud kahjustustele väga vastuvõtlikud. Varasema õitsemisega sortidel on kõige suurem oht saada külmakahjustusi ja praeguste suundumuste jätkudes asendatakse need tõenäoliselt hilisema õitsemisega sortidega. Õitsemisjärgse külmumise oluline tagajärg on õunapuude kahjustused ja sellest tulenev vastuvõtlikkus haiguste suhtes.

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Asukoht, mullastik ja ilmastik

Katse viidi läbi EMÜ Polli aiandusuuringute keskuses Viljandimaal Mulgi vallas Polli külas. Polli katseistandus asub Sakala kõrgustikul puuviljanduse jaoks mullastiku ja kliima poolest soodsas asukohas (EMÜ Polli, 2021). Sakala kõrgustikul, katseistandiku asukohas on valdavalt kahkjad leetunud ja gleistunud kahkjad leetunud mullad, lõimiseks keskmine liivsavi (Kõlli, Lemetti, 1999) (joonis 2).



Joonis 2. Polli küla (Mulgi vald, Viljandi maakond) mullastiku kaart. *LP*- kahkjad leetunud mullad, *LPg* – gleistunud kahkjad leetunud mullad (Maa-amet, 2021). Katseaia asukoht märgitud noolega.

EMÜ Polli aiandusuuringute keskuse katseistandiku asukohas oli 2017. aastal keskmine õhutemperatuur normi piires ja sademeid üle normi - keskmine õhutemperatuur 6,1 °C (norm 6,2 °C) (tabel 1) ja keskmine sademete hulk 800 mm (norm 747 mm) (Eesti

Ilmateenistus, 2021). 2018. aasta oli keskmisena pisut soojem ja sademeid eriliselt vähe – keskmine õhutemperatuur 6,9 °C (norm 6,2 °C) ja keskmine sademete hulk 599 mm (norm 747 mm). 2019. aasta oli keskmisena normist tunduvalt soojem ja sademeid oli pisut alla normi - õhutemperatuur 7,3 °C (norm 6,2 °C) ja keskmine sademete hulk 734 mm (norm 747 mm). 2020. aasta oli keskmisena võrreldes eelnevate katseaastatega kõige soojem ja sademeid oli pisut üle normi - õhutemperatuur 8,1 °C (norm 6,2 °C) ja keskmine sademete hulk 745 mm (norm 747 mm).

Tabel 1. Viljandi maakonna aasta keskmine temperatuur ja keskmine saju summa aastatel 2017-2020 ning paljude aastate keskmised (Eesti Ilmateenistus, 2021)

	2017.a	2018.a	2019.a	2020.a	Norm 1991-2020
Viljandi maakonna keskmine temperatuur	6,1 °C	6,9 °C	7,3 °C	8,1 °C	6,2 °C
Viljandi maakonna keskmine saju summa	800 mm	599 mm	734 mm	745 mm	norm 747 mm

Katseistandiku asukohas Viljandimaal oli aastate 1991-2020 keskmine õhutemperatuur 6,2 °C ja keskmine sademete hulk 747 mm (Eesti Ilmateenistus, 2021).

2.2. Katsesse võetud õunasordid

Eesti Maaülikooli Polli aiandusuuringute keskuse katseadadest koguti aastatel 2017-2020 analüüsimiseks järgnevate õunasortide viljad:

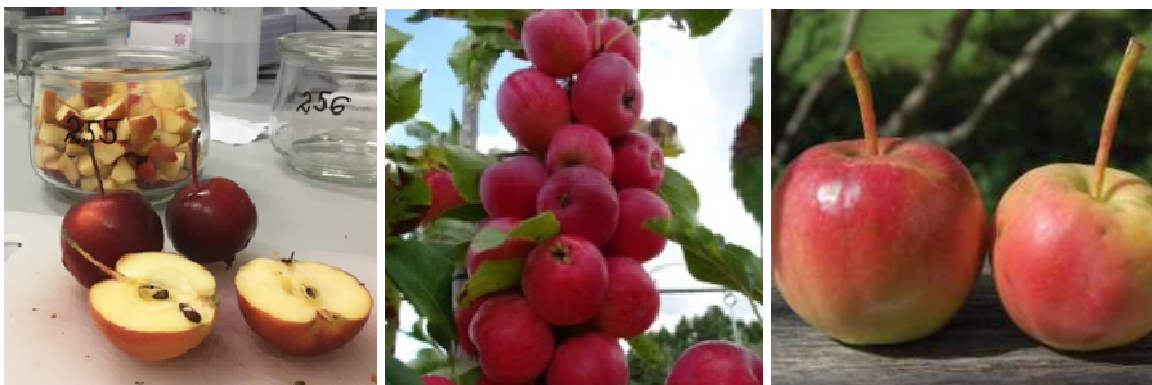
- väikeseviljalised sordid - `Hyslop`, `Kerr`, `Quercher Beauty`, `Ritika`;
- sügissordid - `Krista`, `Nitschneri maasikõun`, `Sügisjoonik`;
- talisordid - `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti`, `Talvenauding`.

`Hyslop` (`Hislop`) - väikeseviljaline sort, mille päritolu on teadmata. Sort on registreeritud aastal 1869. Vili on tumepunane või lillakaspunane, viljad kasvavad kobaras (joonis 3). Viljaliha on kõva ja värvuselt kollane, koore lähedal võib viljaliha olla mõnikord ka punane. Viljaliha on korje-küpsuses mahlane, kuid muutub kiiresti kuivaks ja jahuseks. `Hyslop` on väga vastupidav ja hea viljakandvusega sort, mis annab iga kahe aasta tagant head saaki, mõnel juhul ka igal aastal. Maitse poolest on sort vähese

happesusega ja hea kootavusega, sisaldades tavaliselt 11,84% suhkrut, mis võib käärida umbes 5% alkoholiks (Albemarle Ciderworks, 2021).

`Kerr` - väikeseviljaline introdutseeritud sort, aretatud Manitoba uurimiskeskuses 1950. aastal õunasortidest `Dolgo` ja `Haraldson`. Sort sai nime taimekasvataja ja ökoloogi William Les Kerr'i järgi. Vili on tumepunase värvusega (joonis 3). Erinevalt teistest väikeseviljalistest on maitse meeldivalt magus ja hapukas ning seetõttu sobib see sort ka värskelt söömiseks. Viljad on väikesed ja üsna mahlased, mistõttu on neist hea mahla pressida. Mahl sobib hästi siidrimahla segudesse (Silver Creek Nursery, 2021).

`Quercher Beauty` (`Quaker Beauty`) - väikeseviljaline introdutseeritud sügissort (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021). Õunasort `Quercher Beauty` sai tuntuks Rochesteris ja registreeriti aastal 1870. Viljad on ümmargused ja veidi piklikud. Koor on kahvatukollane ja mõnikord punetav (joonis 3). Valge viljaliha on karge ja mahe. Dekoratiivne ja hea värske lauaõun (Seedsavers, 2021).



Joonis 3. Õunasordid vasakult vaadates - `Hyslop` (EMÜ Polli arhiiv), `Kerr` (Silver Creek Nursery, 2021), `Quercher Beauty` (Seedsavers, 2021).

`Ritika` - väikeseviljaline sügissort, mis on aretatud Pollis 1986. aastal sordi `Cortland` × mariõunapuu tüüpi kärntõvekindla seemiku nr 23 ristamise teel, aretaja Kalju Kask. Sort on registreeritud 2009. aastal. Vili on väike (20g) ja ümmargune. Viljaliha on tihe, magushapu ja keskpärase maitsega. Puu on keskmise või nõrgapoolse kasvuga ja hakkab varakult vilja kandma, on saagikas ning hea talve- ja haiguskindlusega (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).

`Krista` - sügissort, mis aretatud EMÜ Polli aiandusuuringute keskuses, aretaja Kalju Kask. Sordina registreeritud 2007. aastal ning on soovitussortide nimekirjas alates 2004.

aastast äri- ja koduaiasordina. Vili on keskmine kuni suur (100-200 g) ja ümmarguse kuni laiümmarguse kujuga. Valkjaskollane põhivärvus on suuremas osas kaetud erksa kattepunaga (joonis 4). Viljaliha on valge, tihe ja hea magushapu maitsega. Õunad koristatakse septembri esimesel poolel ja heades säilitustingimustes võib säilida kuni veebruari lõpuni. Sort on hea transpordikindlusega, väga hea saagikuse ning hea talve- ja haiguskindlusega. Viljad võivad variseda, kui koristusega hilineda (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).

‘Nitschneri maasikõun’ - tõenäoliselt vanim Läti päritolu taliõunasort, mis kasvab ja annab head saaki viljakatel muldadel, kuid ebasobivates kasvutingimustes on kehv saagiandja ja haigestub viljapuuvähki. Sordil on kaks värviklooni - tumelilla ja triibuliste viljadega. Vili on keskmise suurusega, laiümmargune, kergete kantidega, rohekaskollane ning päikesepoolisel küljel (sageli valdaval osal viljast) karmiinpunase kattevärvusega (joonis 4). Viljaliha on rohekasvalge, üsna peeneteraline, mahlane, meeldivalt vürtsika ja hapumagus maitsega. Õunad on tarbimisküpsed oktoobrist ning säilivad veebruarini. Puu on tugeva kasvu ja rahuldava talvekindlusega (Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2021).

‘Sügisjoonik’ (‘Streifling Herbst’) - introdutseeritud sügissort, mis on pärit Lääne-Euroopast. Vili on keskmine või suurepoolne ja ümmargune. Rohekas- või helekollane põhivärvus on kaetud päikese pool tumeda katkendtriibulise karmiinpunaga (joonis 4). Viljaliha on keskmise tihedusega, kollakasvalge (mõnikord roosade triipudega), magushapu ja keskpärase maitsega. Sort sobib mahlaks, kompotiks ja kuivatamiseks. ‘Sügisjoonik’ on tugevakasvuline, suure ja laia võraga puu, mis kannab korrapäraselt saaki, on keskmise vastupidavusega kärntõve suhtes ja väga hea talvekindlusega. Õunad on koristusküpsed septembri keskpaigas ning tarbimisküpsed oktoobris (EMÜ Sordivaramu, 2021).



Joonis 4. Õunasordid vasakult vaadates - ‘Krista’ (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021), ‘Sügisjoonik’ (‘Streifling Herbst’), ‘Nitschneri maasikõun’ (Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2021).

`Karksi renett` - talisort ja maasort, mille emapuu kasvas Viljandimaal Karksi vallas Remsi talus. Sorti hakati paljundama 1930. aastal. Vili on keskmise suurusega ja laiümmargune. Rohekaskollasel põhivärvusel võib esineda üksikute laikudena kattevärvus (joonis 5). Viljaliha on rohekasvalge, mahlane, tihe ja magushapu maitsega. Puu on tugevakasvuline ja tiheda ümara võraga. Vilja hakkab kandma hilja, peamiselt viljaraagudel ja rõngasokstel. Puu on hea talvekindlusega. Lehed nakatuvad tugevasti kärntõppe, kuid viljad vähesel määral. Tarbimis-aeg on detsembrist märtsini või kauem (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).

`Katre` - talisort, mis on aretatud EMÜ Polli aiandusuuringute keskuses, aretaja Kalju Kask. Sordina registreeriti 2007. aastal ja on soovitatavate sortide nimekirjas alates aastast 2005 koduaia sordina. Vili on keskmise suurusega (100-150 g), kujult ümmargune, mõne madala kandiga. Põhivärvus on rohekaskollane, millel on laialdaselt tumedam puna (päikeseküllastel suvedel katab puna kogu õuna) (joonis 5). Aias katab õuna sinakas vahakiht. Viljaliha on rohekasvalge, tihe ja magushapu maitsega. Õun sisaldab keskmiselt 7 % suhkruid ja on väga hea säilivusega. Õun on koristusküps septembri lõpus, hea maitse kujuneb välja talve teiseks pooleks. Puu on hõreda võraga ja keskmise kuni tugeva kasvutugevusega. Sort on keskmise saagikusega ning hea talve- ja haiguskindlusega (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).



Joonis 5. Õunasordid vasakult vaadates - `Karksi renett`, `Katre` (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).

`Kersti` - talisort, mis on aretatud Polli aiandusuuringute keskuses, aretaja Kalju Kask. Sordina registreeriti 2018. aastal. Vili on üle keskmise suurusega (160-210 g) ja ümmargune. Koore põhivärvus on helekollane, millele tekib suuremas või väiksemas ulatuses kattepuna (joonis 6). Õuna pind on veidi mükiline. Viljaliha on keskmise tihedusega ja

magushapu. Väga hea maitse püsib kevadeni. Säilituskatseid on tehtud vähe, kuid need viitavad heale säilivusele. Puu on nõrgapoolse kasvuga ja tüvest kaugemale ulatuvate harali paiknevate okstega. Esialgsete andmete alusel on saagikus hea (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).

Talvenauding` - talisort, mille aretas EMÜ Polli aiandusuuringute keskuses Aleksander Siimon ning on sordina registreeritud 1963.aastal. Soovitatavate sortide nimekirjas on alates 1957. aastast äri- ja koduaiasordina. Vili on keskmise suurusega (90-130 g) ja tugevate kantidega koonilise kujuga. Kollasel põhivärvusega viljakestal on tumedatriibuline puna (joonis 6). Aias katab vilja sinakas vahakirme. Viljaliha on tihe, rohekasvalge, magushapu ja erilise vürtsika maitsega. Sort sobib mahla ja siidri valmistamiseks. Koristusküpseks saab septembri keskel ning püsib tarbimisküpsena novembrist veebruarini, kui vilju säilitatakse + 4 °C juures. Hilja koristatud ja ebasobivates tingimustes säilitatud viljade koor pruunistub ja õunte kvaliteet halveneb. Puu on mõõduka kasvutugevusega, varase viljakandealguse ja väga hea saagikusega. Talve- ja haiguskindlus on hea (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).



Joonis 6. Õunasordid vasakult vaadates - `Kersti` (EMÜ Polli arhiiv), `Talvenauding` (Eesti Maaülikooli Sordivaramu, 2021).

Õunasortide esmase valiku kriteeriumiteks olid õunasortide kättesaadavus (sh koduaedades kasvavad vanemad sordid), uued potentsiaalsed sordid ja eelduste kohaselt siidri valmistamiseks sobilikud väikeseviljalised õunasordid. Analüüsideks koguti igast sordist 10-12 vilja, väikeseviljalistest 15-20 vilja. Õunad korjati vastavalt koristusküpseks saamisele

ning analüüsi vastavalt nende tarbimisküpsuse saavutamisele ajavahemikes oktoober / november ja detsember / jaanuar. Koristusküpsust hinnati maitsmise ja visuaalsete vaatluste põhjal - vilja värvuse ja seemnete värvuse põhjal (sügissortide puhul peaksid seemned olema valdavalt pruunid, talisortide puhul samuti või kohe-kohe pruuniks mine-mas). Õunu säilitati kuni analüüsideni EMÜ Polli aiandusuuringute keskuse puuviljahoid-las kontrollitud atmosfääri tingimustes temperatuuril ca +2 °C.

Katse käigus määrati õunamahla kuivaine sisaldus (°Brix), pH väärtus, orgaaniliste hapete ja tanniinide sisaldus ning mahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv õunasortide ja kasvuaastate lõikes. Analüüsid tehti kahes korduses.

Õuna biokeemilise koostise analüüsimiseks EMÜ Polli aiandusuuringute keskuses kasutati alljärgnevaid meetodeid:

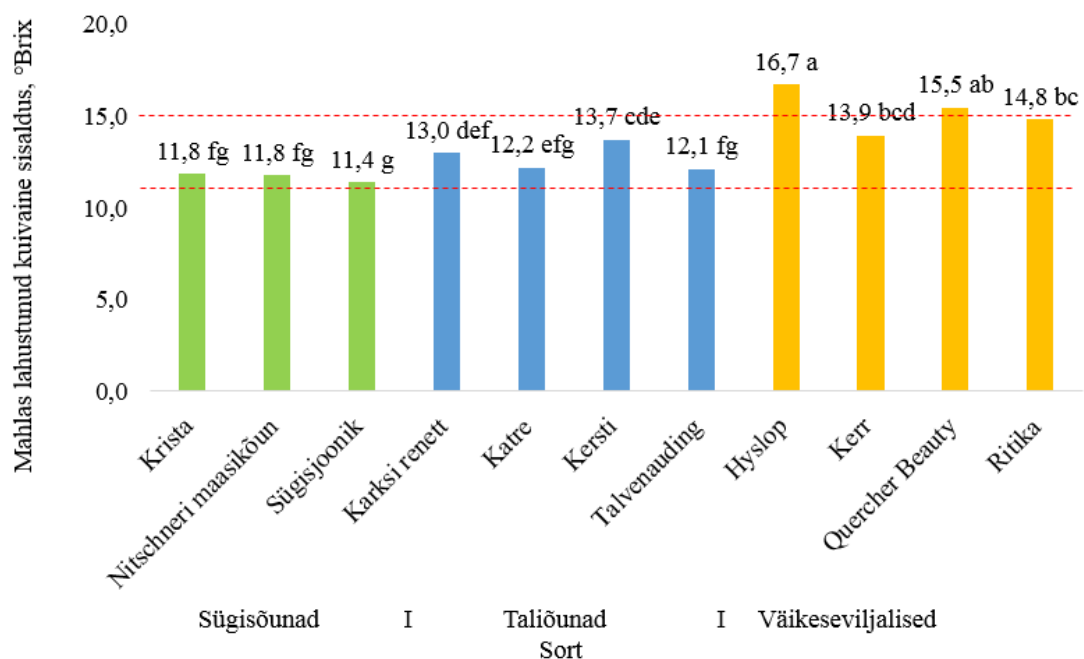
- mahla kuivaine (°Brix) määramine ABBE refraktomeetriga – meetod põhineb valguskiire paindumise (refraktsiooni) kriitilise nurga määramisel kahe prisma vahel uuritava vedeliku läbivalgustamisel tekkinud heleda ja tumeda valgusala vahel;
- orgaaniliste hapete sisalduse ja pH määramine – hapete ekstraheerimine proovist vesilahusesse kuumutamise abil ja ekstraheeritud hapete tiitrimine alusega kuni neutraalse reaktsiooni (pH 7) saavutamiseni; pH määramine pH-meetriga;
- tanniinide sisalduse määramine – meetod põhineb metüülselluloosi polümeeri-tanniini interaktsioonil, mille tulemusel tekib vees lahustumatu tanniinide-metüülselluloosi kompleks ning tanniinid sadenevad lahusest välja; meetod põhineb lahuse neelduvuse mõõtmisel 280nm juures enne ja pärast tanniinide sadenemist, kasutades mõõtmiseks UV-nähtavat valgust.

Biokeemiliste analüüside tulemuste põhjal uuriti õunasordi ja kasvuaasta mõju olulisust õunte biokeemilisele koostisele. Statistiline andmeanalüüs teostati ühe- ja kahefaktorilise dispersioonanalüüsiga (ANOVA) kasutades Tukey testi. Andmetöötluseks kasutati statistikatarkvara BlueSky Statistics ja Microsoft Excel 2013.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

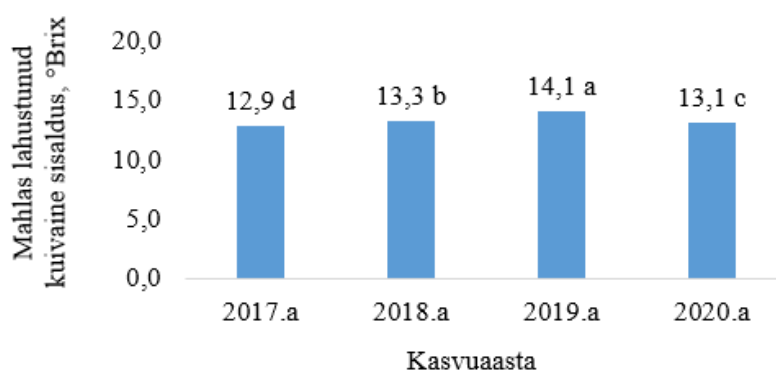
3.1. Sordi ja kasvuaasta mõju õunamahlas lahustunud kuivaine sisaldusele

Mahlas lahustunud kuivaine sisaldus varieerus analüüsitud õunasortide viljades vahemikus 11,4-16,7 °Brix (joonis 7). Statistiliselt madalama mahlas lahustunud kuivaine sisaldusega sordid `Krista`, `Nitschneri maasikõun`, `Sügisjoonik` ja `Talvenauding` eristusid statistiliselt oluliselt kõrgema mahla kuivaine sisaldusega sortidest `Hyslop` ja `Quercher Beauty`, ülejäänud sordid on omavahel sarnased ja usutavat erinevust ei ilmnenud.



Joonis 7. Mahlas lahustunud kuivaine sisaldus (°Brix) sõltuvalt õunasordist. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,05$. Punaste joontega on märgitud siidri valmistamiseks optimaalne mahlas lahustunud kuivaine sisalduse vahemik (11-15 °Brix, Merwin et al., 2008 järgi).

Mahlas lahustunud kuivaine sisaldus õuntes oli kasvuaastate lõikes statistiliselt usutavalt erinev, varieerudes vahemikus 12,9-14,1 °Brix (joonis 8). Katse keskmisena aastate lõikes oli mahlas lahustunud kuivaine sisaldus õuntes madalaim (12,9 °Brix) 2017. aastal, kui keskmine õhutemperatuur oli normi piires ja sademeid üle normi - keskmine õhutemperatuur 6,1 °C (norm 6,2 °C) ja keskmine sademete hulk 800 mm (norm 747 mm). Katse keskmisena aastate lõikes oli mahlas lahustunud kuivaine sisaldus õuntes kõrgeim (14,1 °Brix) 2019. aastal, kui oli keskmisena normist tunduvalt soojem ja sademeid oli pisut alla normi - õhutemperatuur 7,3 °C (norm 6,2 °C) ja keskmine sademete hulk 734 mm (norm 747 mm). Katsetulemused näitavad, et keskmise normilähedase õhutemperatuuri ja normist kõrgema sademetehulgaga kasvuaastal oli õunamahlas lahustunud kuivaine sisaldus madalaim ning keskmisest soojemal ja alla normi sademetega kasvuaastal oli mahla kuivaine sisaldus kõrgeim. Ka varasemad uuringud on näidanud, et kõrgem temperatuur õunte küpsemisperioodil tõstab mahlas lahustunud kuivaine sisaldust (Sugiura et al., 2013; Zheng et al., 2018).



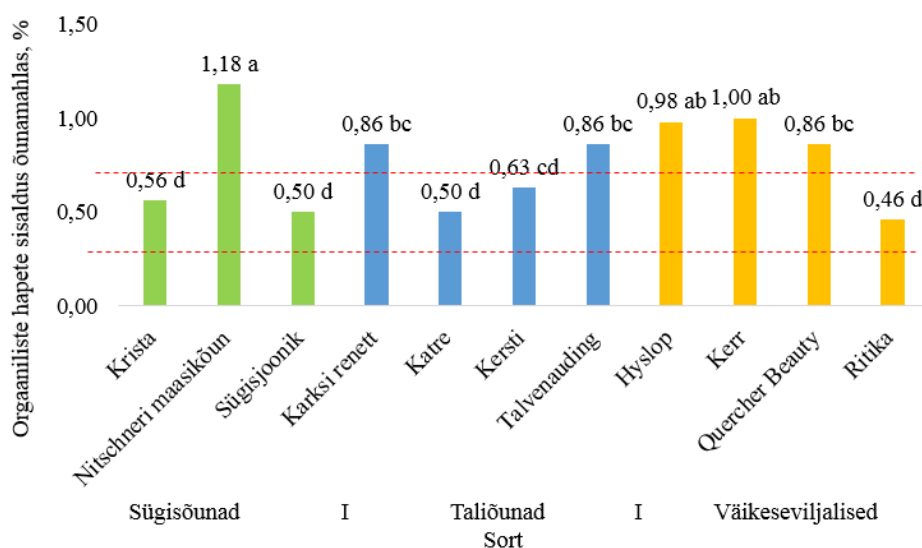
Joonis 8. Mahlas lahustunud kuivaine sisaldus (°Brix) sõltuvalt kasvuaastast. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$.

Õunasort avaldas mahlas lahustunud kuivaine sisaldusele usutavamatat mõju ($F_{10,44}=3430$; $p<0,001$) kui kasvuaasta ($F_{3,44}=889$; $p<0,001$). Analüüsi tulemus näitab, et 78% õunamahla kuivainesisaldusest on selgitatav sordi mõjuga ning 6% kasvuaasta mõjuga. Ka varasemad katsed on näidanud, et sordil on oluline mõju mahlas lahustunud kuivaine sisaldusele (Alexander et al., 2016). Siidri valmistamiseks optimaalne mahlas lahustunud kuivaine sisaldus on 11-15 °Brix (Merwin et al., 2008). Enamik katses analüüsitud õunasortidest sobivad siidri valmistamiseks mahla kuivaine sisalduse osas. Kahe väikeseviljalise

õunasordi mahla kuivaine sisaldus oli siidri valmistamiseks optimaalsest kõrgem - `Hyslop` (16,7 °Brix) ja `Quercher Beauty` (15,5 °Brix). Mahla kuivaine sisaldus mõjutab oluliselt käärimisprotsessi kulgemist (Merwin et al., 2008). Kõrgema suhkrusisaldusega õunasorte võib kasutada siidrimahla segudes, et tagada siidri valmistamiseks piisav alkoholisaldus ja ka võimalus lõpetada kääritamine varem, et toota loodusliku jääsuhkruga poolkuiva siidrit.

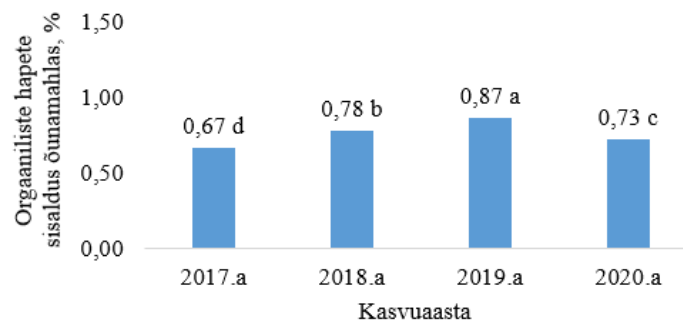
3.2. Sordi ja kasvuaasta mõju orgaaniliste hapete sisaldusele õunamahlas

Orgaaniliste hapete sisaldus varieerus uuritud õunasortide viljades vahemikus 0,46-1,18% (joonis 9). Statistiliselt oluliselt madalam orgaaniliste hapete sisaldus oli õunsortidel `Krista` (0,56%), `Sügisjoonik` (0,50%), `Katre` (0,50%), `Kersti` (0,63%) ja `Ritika` (0,46%). Võrreldes eelpool nimetatud sortidega oli statistiliselt oluliselt kõrgem orgaaniliste hapete sisaldus sortidel `Nitschneri maasikõun` (1,18%), `Hyslop` (0,98%) ja `Kerr` (1,00%).



Joonis 9. Orgaaniliste hapete sisaldus õunamahlas (%) sõltuvalt sordist. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$. Punaste joontega on märgitud siidri valmistamiseks optimaalne hapete sisalduse vahemik (0,30-0,70%, Lea, 1997 järgi).

Orgaaniliste hapete sisaldus õuntes oli kasvuaastate lõikes statistiliselt usutavalt erinev. Katse keskmisena oli aastati orgaaniliste hapete sisaldus analüüsitud õunte mahlas madalaim (0,67%) 2017. aastal (joonis 10). Sel aastal oli keskmine õhutemperatuur normi piires ja sademeid üle normi - keskmine õhutemperatuur 6,1°C (norm 6,2°C) ja keskmine sademete hulk 800 mm (norm 747 mm). Katse keskmisena oli orgaaniliste hapete sisaldus õunamahas kõrgeim (0,87%) 2019. aastal, kui oli keskmisena normist soojem ja sademeid oli pisut alla normi - õhutemperatuur 7,3°C (norm 6,2°C) ja keskmine sademete hulk 734 mm (norm 747 mm) (joonis 10). Käesoleva katse tulemused näitasid, et keskmise õhutemperatuuri ja üle normi sademete hulgaga kasvuaastal oli orgaaniliste hapete sisaldus õuntes madalaim ning keskmisest soojemal ja alla normi sademetehulgaga kasvuaastal oli orgaaniliste hapete sisaldus õuntes kõrgeim.



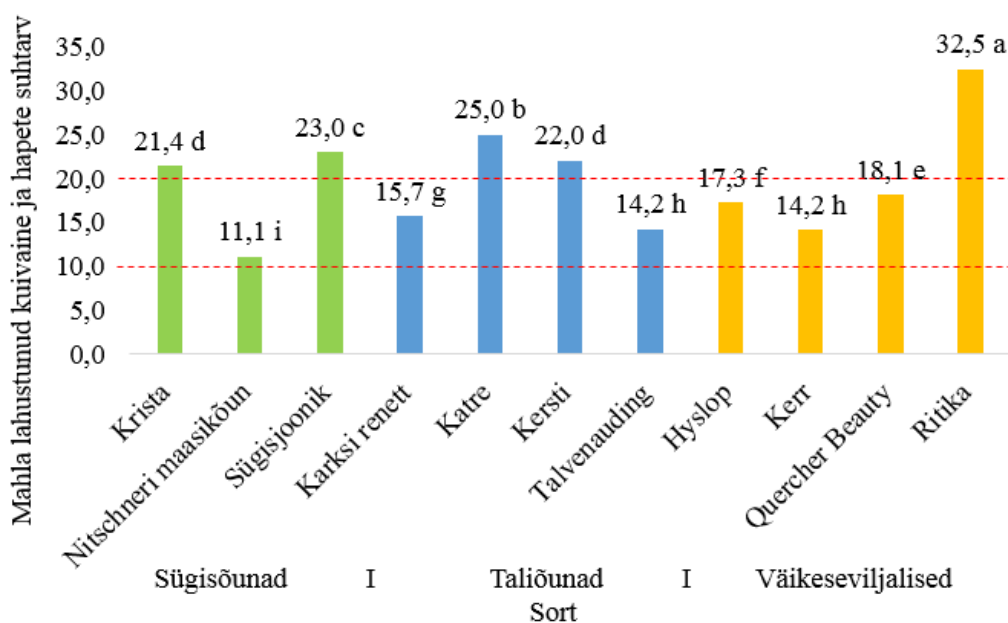
Joonis 10. Orgaaniliste hapete sisaldus õunamahas (%) sõltuvalt kasvuaastast. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$.

Sort avaldas õunamahla orgaaniliste hapete sisaldusele usutavat mõju ($F_{10,44}=3100$; $p<0,001$). Kasvuaasta ei avaldanud usutavat mõju õunamahla happesisaldusele ($F_{3,44}=999$; $p<0,001$). Analüüsi tulemus näitas, et 72% õunamahla orgaaniliste hapete sisaldusest on selgitatav sordi mõjuga ning 7% kasvuaasta mõjuga. Varasematest uuringutest on selgunud, et sort mõjutab happesust rohkem kui ilmastik (Lea, 1997), mida kinnitas ka käesoleva magistritöö tulemus. Tiitritavate hapete üldsisaldus siidri valmistamiseks mõeldud mahlas peaks olema vahemikus 0,30-0,70% (Lea, 1997). Katses analüüsitud sügissordid `Krista` ja `Sügisjoonik`, talisordid `Katre` ja `Kersti` ning väikeseviljaline sort `Ritika` sobivad orgaaniliste hapete seisukohast siidri valmistamiseks. Sügissordi `Nitschneri maasikõun`, talisortide `Karksi renett` ja `Talvenauding` ning väikeseviljaliste õunasortide `Hyslop`, `Kerr` ja `Quercher Beauty` mahla peaks segama madalama happesusega õunasortide

mahлага enne siidri kääritamist, et saavutada siidri valmistamiseks sobiv orgaaniliste hapete sisaldus.

3.3. Sordi ja kasvuaasta mõju õunamahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarvule

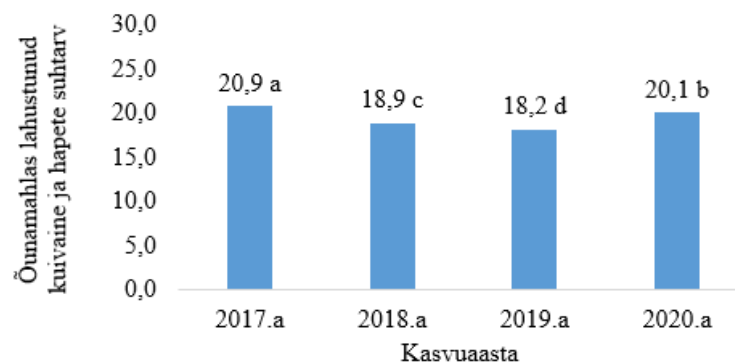
Mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv oli sortide lõikes statistiliselt oluliselt erinev, v.a. sortidel `Talvenauding` ja `Kerr`, mille suhkrute ja hapete suhtarvud olid omavahel usutavalt sarnased. Mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv varieerus vahemikus 11,1-32,5 (joonis 11) ning oli statistiliselt oluliselt kõrgem sordil `Ritika` (32,5) ja madalam sordil `Nitschneri maasikõun` (11,1).



Joonis 11. Mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv sõltuvalt õunasordist. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$. Punaste joontega on märgitud siidri valmistamiseks sobiva mahla kuivaine ja hapete suhtarvu vahemik (10-20, Krasnova et al., 2013 järgi).

Mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv oli kasvuaastade lõikes statistiliselt oluliselt erinev. Kasvuaasta ilmastik mõjutas nii mahlas lahustunud kuivaine kui ka tiitritavate

hapete sisaldust ja selle tõttu oli mõju ka nende kahe parameetri suhtarvule. Keskmise mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv õuntes oli statistiliselt oluliselt madalam (18,2) 2019. aastal (joonis 12), kui oli keskmisena normist tunduvalt soojem ja sademeid oli pisut alla normi - õhutemperatuur 7,3°C (norm 6,2°C) ja keskmine sademete hulk 734 mm (norm 747 mm). Suhkrute ja hapete suhtarv oli statistiliselt oluliselt kõrgem (20,9) 2017. aastal, kui keskmine õhutemperatuur oli normi piires ja sademeid üle normi - keskmine õhutemperatuur 6,1°C (norm 6,2°C) ja keskmine sademete hulk 800 mm (norm 747 mm). Käesoleva katse tulemused näitasid, et tunduvalt soojemal ja alla normi sademetega kasvuaastal oli suhkrute ja hapete suhtarv madalaim ning keskmise õhutemperatuuri ja üle normi sademetega kasvuaastal oli suhkrute ja hapete suhtarv kõrgeim.



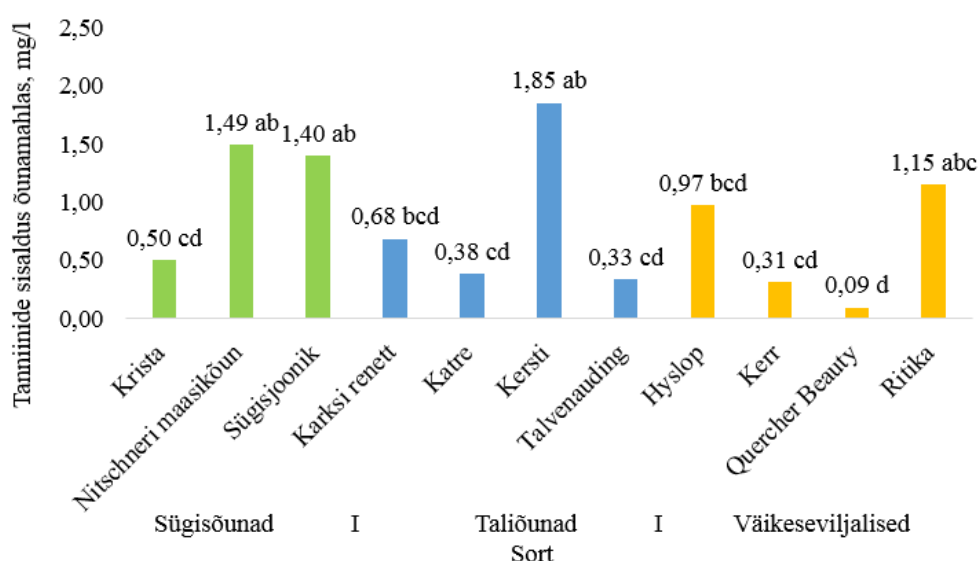
Joonis 12. Õunamahas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv sõltuvalt kasvuaastast. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,05$.

Sort avaldas õunamahas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarvule usutavat mõju ($F_{10,44}=1507$; $p<0,001$). Kasvuaasta ei avaldanud usutavat mõju õunamahla suhkrute ja hapete suhtarvule ($F_{3,44}=156$; $p<0,001$). Analüüsi tulemus näitab, et 84% suhkrute ja hapete suhtarvu väärtusest õunamahas on selgitatav sordi mõjuga ning 3% kasvuaasta mõjuga. Ka varasemad katsed on näidanud, et sordil on oluline mõju nii mahlas lahustunud kuivaine sisaldusele kui ka orgaaniliste hapete sisaldusele ning seeläbi ka suhkrute ja hapete suhtarvule (Lea, 1997; Alexander et al., 2016). Siidri valmistamiseks sobib õunamahl, mille kuivaine ja hapete suhtarv jääb vahemikku 10-20 (Krasnova et al., 2013). Suhkrute ja hapete suhe mõjutab olulist siidri maitseomadusi ja aromaatsust (Del Campo et al., 2006; Petrosvek et al. 2007; Merwin et al., 2008; Symoneaux et al. 2014).

Käesolevas uurimistöös analüüsitud õunasortidest sobivad lähtuvalt soovituslikust vahemikust siidri valmistamiseks paremini `Nitschneri maasikõun`, `Karksi renett`, `Talvenauding`, `Hyslop`, `Kerr`, ja `Quercher Beauty`. Ülejäänud analüüsitud õunasortide kuivaine ja hapete suhtarv jääb kvaliteetse siidri valmistamise jaoks liiga kõrgeks, kuid neid sorte võib kasutada osana mahlasegudes, mida kasutatakse siidri valmistamiseks. Siidri jaoks olulisi parameetreid tuleb hinnata koos, mitte igat biokeemilist näitajat eraldi, sest eraldiseisvana ei anna need selget infot siidri valmistamiseks sobivuse ehk sordi tehnoloogilise küpsuse kohta (Del Campo et al., 2006). `Hyslop` ja `Quercher Beauty` ei sobinud kuivaine sisalduse poolest, kuna sisaldused olid optimaalsest pisut kõrgemad, kuid kuivaine ja hapete koosmõjuna on antud sordid aga sobivad.

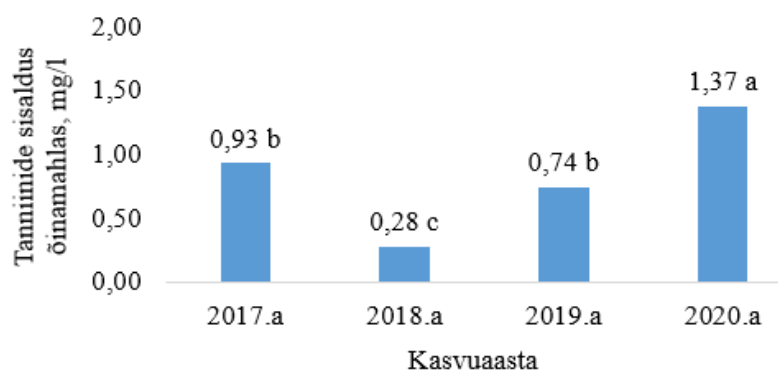
3.4. Sordi ja kasvuaasta mõju tanniinide sisaldusele õunamahlas

Tanniinide sisaldus katses analüüsitud õunasortides varieerus vahemikus 0,09-1,85 mg/l (joonis 13). Statistiliselt madalama tanniinide sisaldusega sordid `Krista` (0,50 mg/l), `Katre` (0,38 mg/l), `Talvenauding` (0,33 mg/l), `Kerr` (0,31 mg/l) ja `Quercher Beauty` (0,09 mg/l) eristusid statistiliselt oluliselt kõrgema tanniinide sisaldusega sortidest `Nitschneri maasikõun` (1,49 mg/l), `Sügisjoonik` (1,40 mg/l) ja `Kersti` (1,85 mg/l).



Joonis 13. Tanniinide sisaldus õunamahlas (mg/l) sõltuvalt sordist. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$.

Keskmine tanniinide sisaldus katsealuste õunte mahlas oli madalaim (0,28 mg/l) 2018. aastal (joonis 14), kui oli keskmisena pisut soojem ja sademeid oli eriliselt vähe - õhutemperatuur 6,9 °C (norm 6,2°C) ja sademete hulk 599 mm (norm 747 mm). Kõrgeim keskmine tanniinide sisaldus õunamahlas (1,37 mg/l) oli 2020. aastal, kui oli katseaastate lõikes keskmisena kõrgeim õhutemperatuur ja sademeid normi jagu - õhutemperatuur 8,1 °C (norm 6,2°C) ja keskmine sademete hulk 745 mm (norm 747 mm). Käesoleva katse tulemused näitasid, et keskmise õhutemperatuuri ja eriliselt vähese sademetehulgaga kasvuaastal oli tanniinide sisaldus madalaim ning kõrgeima keskmise õhutemperatuuri ja pisut alla normi sademetehulgaga kasvuaastal oli tanniinide sisaldus kõrgeim.



Joonis 14. Tanniinide sisaldus õunamahlas (mg/l) sõltuvalt kasvuaastast. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$.

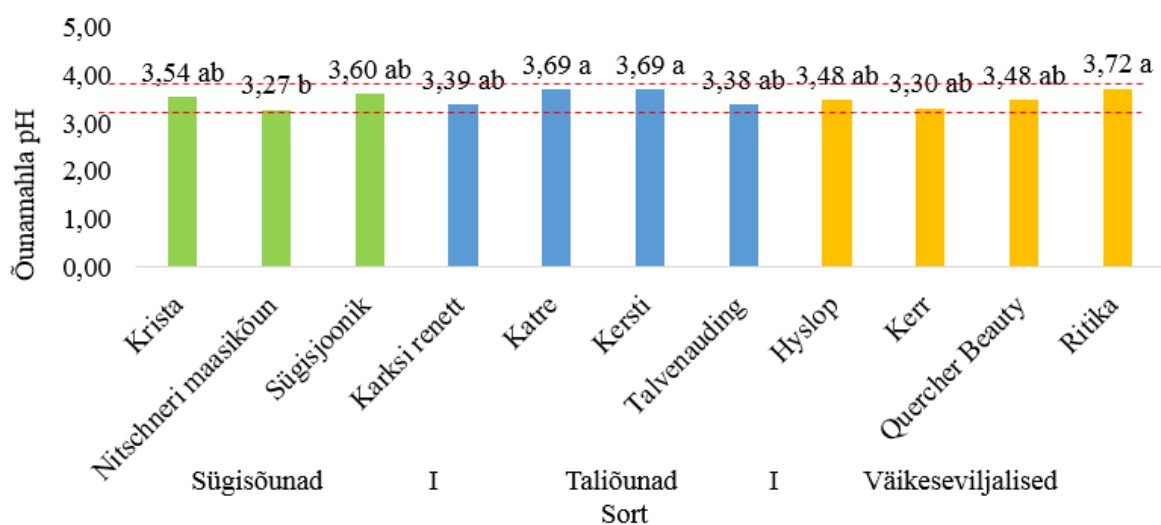
Sordi ja kasvuaasta koosmõju avaldas õunamahla tanniinide sisaldusele kõige usutavamalt mõju ($F_{30,44}=18$; $p<0,001$). Sort avaldas õuna mahla tanniinide sisaldusele usutavamalt mõju ($F_{10,44}=10$; $p<0,001$) kui kasvuaasta ($F_{3,44}=17$; $p<0,001$). Analüüsi tulemus näitab, et 74% õunamahla tanniinide sisaldusest on selgitatav sordi ja kasvuaasta koosmõjuga, 14% sordi mõjuga ning 7% kasvuaasta mõjuga. Ka varasema uurimistöö tulemused kinnitavad, et polüfenoolide sisaldust õuntes mõjutavad nii sort kui kasvuaasta ilmastikutingimused (Mainla et al., 2011).

Varasemad uuringud on näidanud, et polüfenoolsete ühendite sisaldust õuntes mõjutavad nii kasvuaasta, sort, küpsusaste, ilmaolud ja muud puuviljadele stressi põhjustavad tingimused (Lea, Beech, 1978; Lea, Timberlake, 1978; Valois et al., 2006). Seega käesolevas katses kõrgeima õhutemperatuuri ja pisut alla normi sademetesummaga kasvuaastal võis keskmisest kõrgem õhutemperatuur stressifaktorina põhjustada kõrgemat tanniinide sisaldust selle kasvuaasta õuntes.

Poolkuiva ja kuiva siidri valmistamiseks sobivad õunasordid, mille tanniinide sisaldus on pigem üle 0,20%, kui soovitakse valmistada poolkuiva või kuiva siidrit (Merwin et al., 2008). Tanniinide sisaldus jäi käesolevas katses analüüsitud õuntes alla soovitatud alampiiri (0,20% ehk 2,00 g/l), kuid heade maitseomadustega siidri valmistamiseks tuleks hinnata kõrvuti nii suhkrute, hapete kui ka tanniinide sisaldust (Barker, Burroughs, 1953; Del Campo et al., 2006).

3.5. Sordi ja kasvuaasta mõju õunamahla pH väärtusele

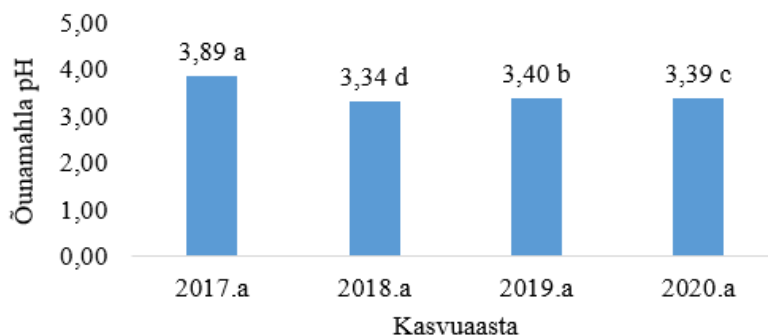
Õunamahla pH väärtused varieerusid sortide lõikes vahemikus 3,27-3,72, kuid ei erinenud statistiliselt oluliselt sortide lõikes (joonis 15).



Joonis 15. Õunamahla pH-väärtus sõltuvalt sordist. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$. Punaste joontega on märgitud siidri valmistamiseks optimaalne pH vahemik (3,2-3,8, Lea, 1997 järgi).

Keskmine pH-väärtus katses analüüsitud õunte mahlas oli kasvuaastate lõikes statistiliselt oluliselt erinev. Madalaim (3,34) keskmine pH katsealuste õunte mahlas oli 2018. aastal (joonis 16), kui oli keskmisena pisut soojem ja sademeid oli eriliselt vähe - õhutemperatuur 6,9 °C (norm 6,2°C) ja sademete hulk 599 mm (norm 747 mm). Õunamahla keskmine pH-

väärtus oli kõrgeim (3,89) 2017. aastal, kui keskmine õhutemperatuur oli normi piires ja sademeid üle normi - keskmine õhutemperatuur 6,1°C (norm 6,2°C) ja keskmine sademete hulk 800 mm (norm 747 mm). Seega keskmisest pisut soojemal ja eriliselt vähese sademetehulgaga kasvuaastal oli õunte pH väärtus kasvuaastate lõikes madalaim ning keskmise õhutemperatuuri ja üle normi sademetega kasvuaastal oli pH väärtus kõrgeim.



Joonis 16. Õunamahla pH-väärtus sõltuvalt kasvuaastast. Sarnaste tähtedega tähistatud väärtused ei ole statistiliselt oluliselt erinevad, $P=0,5$.

Kasvuaasta avaldas õuna mahla pH-le usutavamatat mõju ($F_{3,44}=10164$; $p<0,001$) kui sort ($F_{10,44}=1372$; $p<0,001$). Analüüsi tulemus näitab, et 65% õunamahla pH väärtusest on selgitatav kasvuaasta mõjuga ja 29% sordi mõjuga.

Käesolevas katses oli kasvuaastate lõikes õunamahla pH kõrgeim 2017. aastal. Samal kasvuaastal oli õunamahla orgaaniliste hapete sisaldus kasvuaastate lõikes madalaim. Ka varasemad uurimistulemused on näidanud, et happesus tõuseb alati, kui pH väärtus langeb ja vastupidi (Krasnova et al., 2013). Siidri valmistamiseks optimaalne mahla pH-väärtus jääb vahemikku 3,2-3,8 (Lea, 1997). Lähtudes pH väärtusest sobivad siidri valmistamiseks kõik katses analüüsitud õunasordid.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli hinnata õunasortide sobivust siidri valmistamiseks sõltuvalt sordist ja kasvuaastast ning õunte biokeemilisest koostisest. Mahla kuivaine sisaldus on siidri valmistamise seisukohast oluline näitaja, sest mõjutab oluliselt käärimisprotsessi kulgemist. Orgaanilised happed ja pH mõjutavad siidri stabiilsust. Suhkrute ja orgaaniliste hapete sisaldus ning eriti nende suhe on oluline näitaja, mis määrab nii puuviljade kui puuviljasaaduste maitse. Fenoolsed ühendid mõjutavad nii käärimisprotsessi kui säilivust ning määravad õuntest valmistatud siidri maitse ja värvi.

Käesoleva magistritöö tulemused näitasid, et

- õunamahlas lahustunud kuivaine sisalduse seisukohast sobivad siidri valmistamiseks katses analüüsitud sügissordid `Krista`, `Nitschneri maasikõun` ja `Sügisjoonik`, talisordid `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti` ja `Talvenauding` ning väikeseviljalised sordid `Kerr` ja `Ritika`;
- tiitritavate hapete seisukohast sobivad siidri valmistamiseks katses analüüsitud õunasortidest sügissordid `Krista` ja `Sügisjoonik`, talisordid `Katre` ja `Kersti` ning väikeseviljaline sort `Ritika`;
- mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarvu poolest sobivad katses analüüsitud õunasortidest siidri valmistamiseks sügissort `Nitschneri maasikõun`, talisordid `Karksi renett` ja `Talvenauding` ning väikeseviljalised sordid `Hyslop`, `Kerr` ja `Quercher Beauty`;
- tanniinide sisaldus jäi käesolevas katses analüüsitud õuntes alla kirjanduses soovitatud alampiiri (0,20% ehk 2,00 g/l), kuid heade maitseomadustega siidri valmistamiseks tuleks hinnata kõrvuti nii suhkrute, hapete kui ka tanniinide sisaldust koos;
- õunamahla pH väärtuse seisukohalt sobivad siidri valmistamiseks kõik katses analüüsitud õunasordid – sügissordid `Krista`, `Nitschneri maasikõun` ja

`Sügisjoonik`, talisordid `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti` ja `Talvenauding` ning väikeseviljalised `Hyslop`, `Kerr`, `Quercher Beayty` ja `Ritika`.

Antud katse tulemused kinnitasid, et õunasordi mõju mahlas lahustunud kuivaine ja tiitritavate hapete sisaldusele ning kuivaine ja hapete suhtarvule oli usutavam kui kasvuaasta mõju, kasvuaasta mõju õuna pH väärtusele oli usutavam kui sordi mõju ning tanniinide sisaldusele avaldas kõige usutavamad mõju sordi ja kasvuaasta koosmõju.

Magistritöö hüpotees sai suuremas osas tõestatud - sordi mõju õuna biokeemilisele koostisele on olulisem kui kasvuaasta mõju.

Käesoleva uurimistöö tulemustest võib järeldada, et katses analüüsitud õunasortidest sobivad n-ö ühe õunasordi siidri valmistamiseks sügissort `Nitschneri maasikõun`, talisordid `Karksi renett` ja `Talvenauding`, väikeseviljalised sordid `Hyslop` ja `Kerr`. Ülejäänud katses analüüsitud õunasorte saab kasutada segus teiste sortidega, et valmistada kvaliteetse siidri tootmiseks sobiva biokeemilise koostisega mahlasegusid (lisa 1).

Siidri valmistamiseks sobivamate õunasortide väljaselgitamine võimaldab kvaliteetse siidri tootmisprotsessis kasutusele võtta selleks vastava biokeemilise koostisega õunasordid. Kuna eelnevad uurimistööd on näidanud, et õunamahla biokeemilist koostist mõjutab ka õunapuu pookealus, siis katse jätkamisel tuleks uurida lisaks alusetüübi mõju erinevate õunasortide viljade biokeemilisele koostisele.

SUMMARY

Apples, consumed both fresh and processed, are one of the most popular fruit in Estonia. Apples are used as raw ingredients for drying, jams and compote, but also to produce juice and fermented drinks (cider, wine). Nowadays, as the production of high-quality cider keeps getting more popular, the cider producers have begun to take interest in apple cultivars to produce drinks with unique flavour and uniform quality. The amount of soluble solids found in apple juice is an important indicator for cider production because it affects the fermenting process greatly. Organic acids and pH influence the stability of cider. The taste of cider is influenced mainly by the amount of sugar and organic acid found in apple juice and in particular their ratio. Phenolic compounds affect both the fermentation process and the shelf life of cider, also determining its colour and taste.

The objective of this thesis was to evaluate the suitability of apple cultivars for cider production, based on their growth year, cultivar and the apple's biochemical composition. A hypothesis was put forward that the apple cultivar has a greater impact on apple's biochemical composition, than the growth year.

During the study, the biochemical composition of the fruits of 11 different apple cultivars (4 crab apple cultivars - 'Hyslop', 'Kerr', 'Quercher Beauty', 'Ritika'; 3 autumn cultivars - 'Krista', 'Nitschneri maasikõun', 'Sügisjoonik'; 4 winter cultivars - 'Karksi renett', 'Katre', 'Kersti', 'Talvenauding') from four different growth years (2017-2020) was analysed. Based on the results of biochemical analysis, the significance of the effects of apple cultivar and growth year on the biochemical composition of apples was examined.

Apple cultivar had a significant effect on the biochemical composition of the apple, than growth year. Specifically, cultivars' effect to soluble solids and organic acids in apple juice, as well as the ratio of solids to acids was significant when compared to the effect of the growth year. Growth year had a more significant effect on the apple's pH value. The combined effect of cultivar and growth year was significant for tannin content. The hypothesis of this thesis was partially proved.

From the results of this study, it can be concluded that out of all analysed apple cultivars, the autumn cultivar 'Nitschneri maasikõun', winter cultivars 'Karksi renett' and 'Tal-

venauding` and crab apple cultivars `Hyslop` and `Kerr` are best suited for the production of single cultivar cider. The rest could be used in mixtures with other cultivars to produce blends with a suitable biochemical composition for high-quality cider.

The results of this study show, that

- all analysed autumn cultivars `Krista`, `Nitschneri maasikõun` and `Sügisjoonik`, winter cultivars `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti`, `Talvenauding` and crab apples `Kerr` and `Ritika` are suitable for cider production based on the amount of soluble solids in their juice;
- judging by the amount of titratable organic acids the cultivars suitable for cider production are autumn cultivars `Krista` and `Sügisjoonik`, winter cultivars `Katre` and `Kersti` and crab apple cultivar `Ritika`;
- based on the ratio of soluble solids to acids in apple juice, autumn cultivar `Nitschneri maasikõun`, winter cultivars `Karksi renett` and `Talvenauding` and crab apple cultivars `Hyslop`, `Kerr` and `Quercher Beauty` are suitable for cider production;
- the content of tannins of the apple varieties analyzed in this study, was below the minimum recommended for the production of dry and semi-dry cider, but for the production of good-tasting cider, the content of sugars, acids and tannins should be assessed in parallel, not separately;
- based on the pH value, all analysed apple cultivars – autumn cultivars `Krista`, `Nitschneri maasikõun` and `Sügisjoonik`, winter cultivars `Karksi renett`, `Katre`, `Kersti` and `Talvenauding` and crab apple cultivars `Hyslop`, `Kerr`, `Quercher Beauty` and `Ritika` are suitable for cider production.

Since previous research has shown that the biochemical content of apple juice is also influenced by the rootstock of the apple tree, the effect of the rootstock type on the biochemical composition of the cultivar should also be investigated when continuing the experiment.

KASUTATUD KIRJANDUS

Albmarle Ciderworks. (2021). Hyslop Crab. [veebileht]

<https://www.albmarleciderworks.com/orchard/apple/hyslop-crab> (18.03.2021)

Alexander, T. R., King, J., Zimmerman, A., Miles, C. A. (2016). Regional Variation in Juice Quality Characteristics of Four Cider Apple (*Malus ×domestica* Borkh.) Cultivars in Northwest and Central Washington. *HortScience*. Vol. 51(12), pp. 1498–1502.

Arras, E. (2013). Mõnede Eestis müügil olevate kodumaiste ja importõunte bioaktiivsete ühendite sisaldus ja maitsega seotud näitajad. (Bakalaureusetöö). Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut.

Barker, B. T. P., Burroughs, L. F. (1953). Cider apple varieties then and now: a survey of vintage-quality trials. *Science and fruit*. Pp. 45-55.

Del Campo, G., Berregi, I., Iturriza, N., Santos, J.I. (2006). Ripening and Changes in Chemical Composition of Seven Cider Apple Varieties. - *Food Science and Technology International*, Vol. 12(6), pp. 477-487.

Drogoudi, P. D., Pantelidis, G. (2011). Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. *Scientia Horticulturae*. Vol. 129 (4), pp. 752-760.

Copas, L. (2001). A Somerset Pomona: The cider apples of Somerset. Dorset, UK: Dovecote Press. 104 p.

Eesti Ilmateenistus. (2021). [veebileht] <https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimakaardid/> (20.05.2021)

Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituudi Polli aiandusuuringute keskus. [veebileht] <http://polli.emu.ee/et/meist/> (12.03.2021)

Eesti Maaülikooli Sordivaramu. [veebileht] <https://sordivaramu.emu.ee/kategooria.php?mis=soovitussortiment> (17.03.2021)

Eesti Siidritee tuur. Puhka Eestis. [veebileht] <https://www.puhkaeestis.ee/et/eesti-siidritee-tuur> (11.05.2021)

Eesti Teadusinfosüsteem. (2021). "Innovatsiooniosakute toetusmeede" projekt 8L160189PKPA. [veebileht] <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/09c08030-2d10-4572-92ac-0cbb58026d7e> (23.03.2021)

Eurostat. (2021). The fruit and vegetable sector in the EU - a statistical overview 2017. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

- explained/index.php/The_fruit_and_vegetable_sector_in_the_EU_-_a_statistical_overview#Where_are_fruit_and_vegetables_grown_in_the_EU.3F_By_how_many_farms.3F_Over_what_area.3F. (27.02.2021)
- Flint, H.** (1991). Ornamental crab apples. *Horticulture*. May, 1991. Vol. 69, No. 5, p. 66.
- Girschik, L., Jones, J. E., Kerslake, F. L., Robertson, M., Damberg, R. G., Swarts, N. D.** (2017). Apple variety and maturity profiling of base ciders using UV spectroscopy. *Food Chemistry*. Vol. 228, pp. 323-329.
- Gitea, M. A., Gitea, D., Tit, D. M., Purza, L., Samuel, A. D., Bungau, S., Badea, G. E., Alea, L.** (2019). Orchard management under the effects of climate change: implications for apple, plum, and almond growing. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 26, pp. 9908–9915.
- Gottschalk, C., Rothwell, N., van Nocker, S.** (2017). Apple cultivars for production of hard cider in Michigan. Michigan State University Extension Bulletin E3364. Fall 2017. [https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/e3364.\(1\).pdf](https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/e3364.(1).pdf) (27.02.2021)
- Huberg, H., Kivistik, M., Hein, R.** (2021). Eesti käsitoõveini- ja siidritootjate tootmismahude analüüs 2016-2020. Eesti Veinitee. [veebileht] <https://veinitee.com/veinid/tootmismahud/> (20.03.2021)
- Jakobek, L., Garcia-Villalba, R., Tomás-Barberán, F. A.** (2013). Polyphenolic characterisation of old local apple varieties from Southeastern European region. *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 31(2), pp. 199-211.
- Kask, K.** (2010). Puuviljandus Eestis. Sordid ja aretajad. Eesti Maaülikool. Tartu. [on-line] <https://www.pikk.ee/upload/files/Taimekasvatuse/Puuviljandus%20Eestis.pdf> (18.03.2021)
- Kivistik, J., Kask, K., Jänes, H., Libek, A.-V., Piir, R., Univer, T.** (2012). Puuviljad ja marjad Eestis. Pomoloogia. Tallinn: TEA Kirjastus. Lk 158.
- Kõlli, R., Lemetti, I.** (1999). Eesti muldade lühiiseloostus. Normaalsed mineraalmullad. Tartu, 122lk.
- Krasnova, I., Seglina, D., Ikase, L., Gornas, P.** (2013). Assessment of biochemical content of apple varieties suitable for cider production. National Research Programme, 2010-2013. New Products and Technologies (NatRes). Latvian State Institute of Wood Chemistry. Riga. Pp. 212-216.
- Kuldjärv, R.** (2018). Õunapüree tootmine õunamahla ja siidri tootmise rajatistest pärinevast tööstuslikust õunamassist ja saadud püree järgnev kasutamine erinevates toodetes. EIP-AGRI. [veebileht] <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/%C3%B5unamahla-pressimisj%C3%A4%C3%A4kide-v%C3%A4%C3%A4rindamine>. (27.02.2021)
- Kviklys, D., Viskelis, P., Rubinskiene, M., Kviklienė, N., Mindaugas, L., Lanauskas, J., Janulis, V.** (2014). Rootstock affects apple fruit biochemical content: Preliminary results. *Acta Horticulturae* 2014.1058.76.

- Laaksonen, O., Kuldjärv, R., Paalme, T., Virkki, M., Yang, B.** (2017). Impact of apple cultivar, ripening stage, fermentation type and yeast strain on phenolic composition of apple ciders. *Food Chemistry*. Vol. 233, pp. 29-37.
- Latvia University of Life Sciences and Technologies. Institute of Horticulture. (2021). Ničnera Zemeņu. [veebileht] [https://www.darzkopibasinstituts.lv/en/apple-stories/nicnera-zemenu\(20.03.2021\)](https://www.darzkopibasinstituts.lv/en/apple-stories/nicnera-zemenu(20.03.2021))
- Latvia University of Life Sciences and Technologies. Institute of Horticulture. (2021). Streifling Herbst. [veebileht] [https://www.darzkopibasinstituts.lv/en/apple-stories/rudens-svitrainais\(18.03.2021\)](https://www.darzkopibasinstituts.lv/en/apple-stories/rudens-svitrainais(18.03.2021))
- Lea A.** (1997). The Science of Cidermaking. Part 3 – Juicing and Fermenting. [on-line] <http://www.cider.org.uk/part3.htm> (18.03.2021)
- Lea, A. G. H., Beech, F. W.** (1978). The phenolics of ciders: Effect of cultural conditions. *Science of Food and Agriculture*. Vol. 29, pp. 493–496.
- Lea, A. G. H., Timberlake, C. F.** (1978). The phenolics of ciders: Effect of processing conditions. *Science of Food and Agriculture*. Vol. 29, pp. 484–492.
- Maa-amet.** (2021). Mullastiku kaart. [veebileht] https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=MA29&user_id=at&LANG=1&WIDTH=1620&HEIGHT=977&zlevel=5,590650.82375,6444727.548125&setlegend=FMAMULD_LOIMIS_ANNO=1 (12.03.2021)
- Mainla, L., Moor, U., Karp, K., Püssa, T.** (2011). The effect of genotype and rootstock on polyphenol composition of selected apple cultivars in Estonia. *Žemdirbystē=Agriculture* 98 (1): 63–70.
- Mainla, L., Moor, U., Karp, K., Tõnutare, T.** (2012). The effect of preharvest Ca treatment on concentration of polyphenols and antioxidant capacity of 'Pirja' and 'Maikki' apples grown on different rootstocks. *Scientia Horticulturae*. 148 (2012) 93–96
- Marks, S. C., Mullen, W., Crozier, A.** (2007). Flavonoid and chlorogenic acid profiles of English cider apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 87, pp. 719-728.
- Meister, L.** (2020). Kasvukoha mõju õunte biokeemilisele koostisele. (Magistritöö). Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut.
- Merwin, A., Valois, S., Padilla-Zakour, O. I.** (2008). Cider Apples and Cider-Making Techniques in Europe and North America. *Horticultural Reviews*. Vol. 34, pp. 365-415.
- Miles, C. A., Alexander, T. R., Peck, G., Galiano, S.P., Gottschalk, C., van Nocker, S.** (2020). Growing Apples for Hard Cider Production in the United States-Trends and Research Opportunities. American Society for Horticultural Science (ASHS), 2020. *HortTechnology*. Vol. 30(2), pp. 148-155.
- Pasa, M.D., Katsurayama, J.M., Brighenti, A.F., de Araujo, J.V., Boneti, J.I.D.** (2016). Performance of 'Imperial Gala' and 'Mishima Fuji' apples on different rootstocks – Pesquisa

- Agropecuaria Brasileira. Vol. 51(1), pp. 17–26.
- Pashow, L., Mahr, M.** (2018). Hard cider supply chain analysis. Cornell Cooperative Extension. Harvest New York. *Agriculture & Food Economy*. March 2018. [on-line] https://harvestny.cce.cornell.edu/uploads/doc_48.pdf. (28.02.2021)
- Petkova, N., Ognyanov, M., Inyutin, B., Zhelev, P., Denev, P.** (2020). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Malus baccata* (L.) Borkh. Fruits. *Food Science and Applied Biotechnology*. Vol. 3(1), pp. 47-55.
- Petkovsek, M. M., Stampar, F., Veberic, R.** (2007). Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*. Vol. 114(1), pp. 37-44.
- Populaarsus on siidriõuna impordi kümnekordistanud. BNS (10. juuni 2016). Postimees. [e-ajaleht] <https://majandus24.postimees.ee/3727803/kasitoosiidri-populaarsus-on-siidriõuna-impordi-kumnekordistanud> (18.03.2021)
- Riekstina-Dolge, R., Kruma, Z., Dimins, F., Straumite, E., Karklina, D.** (2014) Phenolic Composition and Sensory Properties of Ciders Produced from Latvian Apples. Proceedings of the Latvia University of Agriculture. Vol. 31, p. 326.
- Rätsep, R., Volens, K., Haas, K.** (2020). Siidri valmistamiseks sobivad õunasordid. *Agronomia* 2020, lk 236–242.
- Sander-Sõrmus, M.** (2017). Sulev Nõmmann: Õunaaedade rajamisel tuleb arvestada, et tasuvuspunkt saabub alles aastate pärast. Põllumajandus.ee. [e-ajakiri] <https://www.pollumajandus.ee/uudised/2017/05/22/sulev-nommann-ounaaedade-rajamisel-tuleb-arvestada-et-tasuvuspunkt-saabub-alles-aastate-parast> (15.03.2021)
- Seed Savers. (2021). Quaker Beauty. [veebileht] <https://www.seedsavers.org/apple-archive>
- Shahbandeh, M.** (2021). Global leading apple producing countries in 2019/2020. Statista. [veebileht] <https://www.statista.com/statistics/279555/global-top-apple-producing-countries/>
- Silver Creek Nursery** (2021). Kerr Applecrab. [veebileht] <https://silvercreeknursery.ca/products/kerr-applecrab> (18.03.2021)
- Skrzynski, J.** (2007). Growth and productivity of apple trees and fruit quality at harvest as affected by rootstocks – ACTA Horticulturae: Proceedings of the Eighth International Symposium on Canopy, Rootstocks and Environmental Physiology in Orchard Systems. Vol. 732, pp. 151–154.
- Spoor, T., Rumpunen, K., Sehic, J., Ekholm, A., Tahir, I., Nybom, H.** (2019). Chemical contents and blue mould susceptibility in Swedish-grown cider apple cultivars. *European Journal of Horticultural Science*. Vol. 84(3), pp. 131-141.
- Statistikaamet. Taimekasvatussaaduste tootmine. Eesti statistika andmebaas. https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__taimekasvatussaaduste-tootmine/PM0281/table/tableViewLayout1 (24.05.2021)

- Sugiura, T., Ogawa, H., Fukuda, N., Moriguchi, T.** (2013). Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. *Scientific Reports*. 3:2418. Nature. [e-ajakiri] <https://www.nature.com/articles/srep02418>
- Symoneaux, R., Baron, A., Marnet, N., Bauduin, R., Chollet, S.** (2014). Impact of apple procyanidins on sensory perception in model cider (part 1): Polymerisation degree and concentration. *LWT - Food Science and Technology*. Vol. 57(1), pp. 22-27.
- Tammemets, T.** (2008). Eesti ilma riskid. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Lk 96-112.
- Tarko, T., Kostrz, M. Duda-Chodak, A., Semik-Szczurak, D., Sroka, P., Senczyszyn, T.** (2018). The effect of apple cultivars and yeast strains on selected quality parameters and antioxidant activity of fermented apple beverages. *Cyta-Journal of Food*. Vol. 16(1), pp. 892-900.
- Thompson-Witrick, K. A., Goodrich, K. M., Neilson, A. P., E. Kenneth Hurley, E. K., Peck, G. M., Amanda C. Stewart, A. C.** (2014). Characterization of the Polyphenol Composition of 20 Cultivars of Cider, Processing, and Dessert Apples (*Malus × domestica* Borkh.) Grown in Virginia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 62(41), pp. 10181-10191.
- Tozer, P. R., Galinato, S. P., Ross, C. F., Miles, C. A., McCluskey, J. J.** (2015). Sensory Analysis and Willingness to Pay for Craft Cider. *Journal of Wine Economics*, Vol. 10(3), pp. 314–328.
- Valois, S., Merwin, I. A., Padilla-Zakour, O. I.** (2006). Characterization of fermented cider apple cultivars grown in upstate New York. *American Pomological Society*. Vol. 60(3), pp. 113– 128.
- Veteto, J. R., Carlson, S. B.** (2014). Climate Change and Apple Diversity: Local Perceptions from Appalachian North Carolina. *Journal of Ethnobiologi*, Vol 34(3), pp. 359-382.
- Watson, B.** (2013). Cider, Hard and Sweet: History, Traditions and Making Your Own. Woodstock: Countryman Press. P 208.
- Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z., Hu, X.** (2007). Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*. Vol. 103(1), pp. 88-93.
- Zhang, Y., Li, P., Cheng, L.** (2010). Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in ‘Honeycrisp’ apple flesh. *Food Chemistry*. Vol. 123(4), pp. 1013-1018.
- Zheng, J., Huang, C., Yang, B. Kalloi, H. Lui, P., Ou, S.** (2018). Regulation of phytochemicals in fruits and berries by environmental variation - Sugars and organic acids. *Journal of Food Biochemistry*. Vol. 43(1).
- Zydlik, Z., Rutkowski, K., Swierczynski, S., Morkunas, I., Yoon, H.-K., Seo, J. H., Kang, K. J. Kleiber, T.** (2020). The effect of climatic conditions in successive plant growing seasons on the response of selected varieties of apple trees (*Malus domestica* Borkh.). *Journal Of Elementology*. Vol. 25(1), pp. 205-224.

LISAD

Lisa 1. Uurimistöö tulemused - siidri valmistamiseks sobivad õunasordid ja nende biokeemilised näitajad

		Keskmine mahlas lahustunud kuivaine sisaldus, °Brix	Keskmine orgaaniliste hapete sisaldus, %	Keskmine mahlas lahustunud kuivaine ja hapete suhtarv	Keskmine tanniinide sisaldus, mg/l	Keskmine pH
Siidri valmistamiseks optimaalne		11-15 (Merwin et al., 2008)	0,30-0,70 (Lea, 1997)	10-20 (Krasnova et al., 2013)	> 0,20% (Merwin et al., 2008)	3,2-3,8 (Lea, 1997)
Katses analüüsitud sordid						
`Krista`	sügissort	11,8	0,56	21,4*	0,50*	3,54
`Nitschleri maasikõun`	sügissort	11,8	1,18*	11,1	1,49*	3,27
`Sügisjoonik`	sügissort	11,4	0,50	23,0*	1,40*	3,60
`Karksi renett`	talisort	13,0	0,86*	15,7	0,68*	3,39
`Katre`	talisort	12,2	0,50	25,0*	0,38*	3,69
`Kersti`	talisort	13,7	0,63	22,0*	1,85*	3,69
`Talvenauding`	talisort	12,1	0,86*	14,2	0,33*	3,38
`Hyslop`	väikeseviljaline	16,7*	0,98*	17,3	0,97*	3,48
`Kerr`	väikeseviljaline	13,9	1,0*	14,2	0,31*	3,30
`Quercher Beayty`	väikeseviljaline	15,5*	0,86*	18,1	0,09*	3,48
`Ritika`	väikeseviljaline	14,8	0,46	32,5*	1,15*	3,72

Märkus. Tähis “*” tumedates lahtrites tähendab, et näitaja ei jää kvaliteetse poolkuiva ja kuiva siidri valmistamiseks sobivate näitajate vahemikku.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Pille Muru
Sünniaeg 27.03.1971

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Õunasortide võrdlev hindamine siidri valmistamise eesmärgil

mille juhendajad on Reelika Rätsep (PhD) ja Kristine Tiirats

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor / allkirjastatud digitaalselt 24.05.2021

Tartu, 24.05.2021

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Reelika Rätsep / allkirjastatud digitaalselt 25.05.2021

Kristine Tiirats / allkirjastatud digitaalselt 25.05.2021